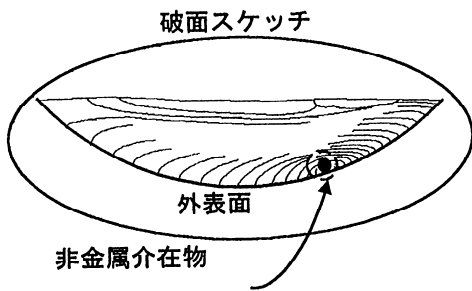
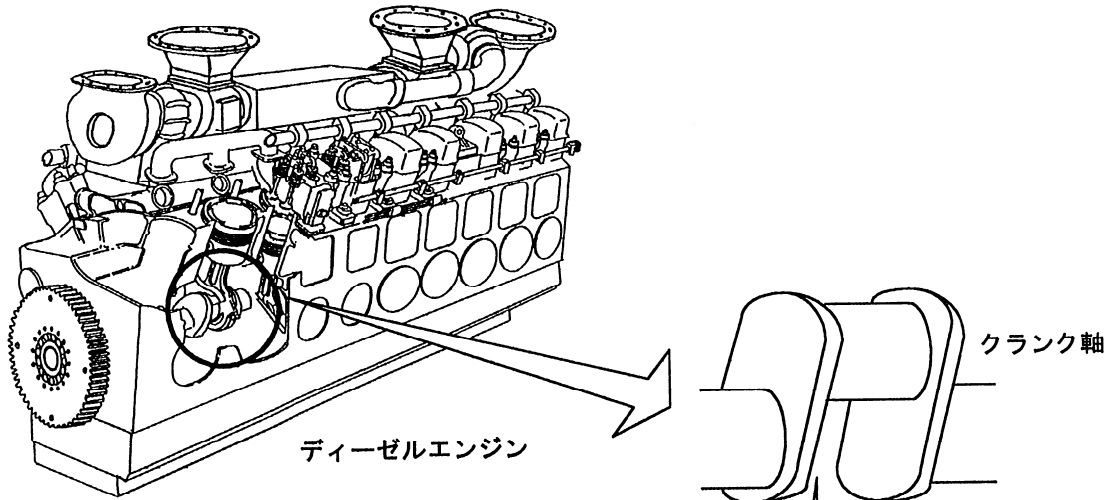


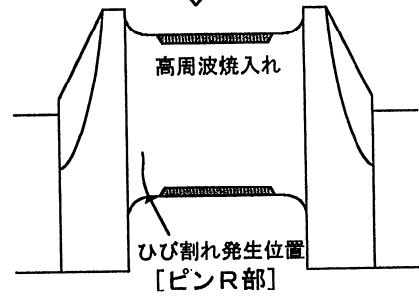
発電所名	志賀原子力発電所1号機	日時	平成11年6月14日11時頃確認
件名	非常用ディーゼル発電設備B号機クランク軸のひびについて		
事象発生箇所	設備名	電気設備	
	系統名	非常用ディーゼル発電機系	
	装置名	ディーゼル発電機装置	
	標準装置名	非常用ディーゼル発電機	
	機器名	非常用ディーゼル	
	部品名	ピストン・クランク	
発生前の電気出力	0万kW	発見時のプラント状況	第5回定期検査中
放射能の影響	無し		
発見方法	作業・点検	発電停止時間	0時間
原因分類	整備不備、製作不完全		
国への法令報告根拠	通産大臣通達	国際原子力事象評価尺度(INES)	0-
事象発生状況	<p>志賀原子力発電所1号機は、第5回定期検査中(平成11年4月29日より)のところ、非常用ディーゼル発電設備B号機の分解点検のうち、ディーゼル機関クランク軸の浸透探傷試験において、No. 2接続棒取付部端部に円周方向の線状模様が認められた。このため、深さや形状を確認するため超音波探傷試験を実施し、6月14日11時頃にひびを確認した。</p> <p>なお、本事象による外部への放射能の影響はなかった。</p>		
原因調査の概要	<p>(1)クランク軸の点検状況 浸透探傷試験を実施したところ、No. 2接続棒取付部端部の円周方向に約170mmの線状模様が認められた。また、超音波探傷試験を実施し、この線状模様が最大深さ約27mmのひびであることを確認した。当該部以外の接続棒取付部および軸受部について、外観検査、浸透探傷試験、超音波探傷試験および磁気探傷試験を実施した結果、異常は認められなかった。</p> <p>(2)発生要因の調査 No. 2接続棒取付部端部にひびが発生した原因を究明するため、要因分析に基づき下記の調査を実施した。</p> <p>a. 設計 設計時の強度計算内容の確認を実施した結果、設計時の強度評価に問題はなかった。また、応力評価を実施した結果、応力振幅値についても疲労限度以上の繰返し応力は認められなかった。</p> <p>b. 材料 当該部の破面を走査型電子顕微鏡(SEM)にて観察した結果、ビーチマーク模様、フィッシュアイ模様、リッジ状模様等の疲労破壊の特徴が認められた。き裂は表面近傍にあるフィッシュアイ部中心の介在物(表面から中心まで約250μm)を起点として発生しており、リッジ状模様により示される方向にビーチマークを示しながらステップ状に拡大・進展していた。起点であるフィッシュアイ部を詳細に観察したところ、長さ約200μm、幅約70μmの非金属介在物が認められた。</p> <p>このため、当該非金属介在物について、エネルギー分散型X線分析装置(EDX)による成分分析を実施した結果、主要元素の鉄以外に、アルミニウム、酸素等が認められた。これらは、酸化物として存在し、製鋼プロセスで混入したものと考えられる。今回発見された非金属介在物は、長さ約200μm、幅約70μmと通常見られるものと比較すれば大きなものであるが、文献によれば、この程度の粒径を持つ非金属介在物が材料中に認められるのはまれであるとされている。</p> <p>製作時の材料検査記録を確認した結果、異常は認められなかった。今回、化学成分分析、機械試験を実施した結果、異常は認められなかった。また、硬度計測および組織観察結果から熱処理は適正に行われていたものと考えられる。</p>		

<p>原因調査の概要</p>	<p>c. 製造 クランク軸連接棒取付部表面には、連接棒との摺動摩擦による摩耗を防止するため高周波焼入れ処理がなされているが、今回、この影響による残留応力について調査するため、連接棒取付部においてひずみゲージを使用した残留応力計測を実施した。その結果、連接棒取付部中央部の高周波焼入れ処理を受けた部分には圧縮、受けない端部には引張の残留応力が確認された。なお、連接棒取付部端部では、外側(TOP側)よりクランク軸中心軸側(BOTTOM側)のほうが残留応力が若干高くなっていることが確認された。また、硬度分布測定の結果、連接棒取付部表面は、高周波焼入れによる硬化処理が正常になされていることが確認された。一方、クランク軸組立および機関組立に異常は認められず、製造時の記録の確認、寸法検査結果から異常は認められなかった。さらに、面粗度測定の結果、面粗度による応力集中がひびを発生させる要因とは認められなかった。</p> <p>d. 据付 据付記録等を確認した結果、異常は認められなかった。また、軸芯を確認した結果、軸芯の異常は認められなかった。</p> <p>e. 運転 運転履歴を確認した結果、過大な振動等の異常は認められなかった。また、潤滑油劣化による異常は認められなかった。</p> <p>f. ひび発生部の応力評価 ひびが発生した連接棒取付部端部の詳細な応力状態を確認するため、有限要素法を用い応力評価を行った。その結果、当該部は円周方向の部位のうち、ピストンの爆発力の影響を強く受ける範囲に位置することから、高い変動応力が発生していることを確認した。従って、当該部は形状的に応力が集中しやすい連接棒取付部端部に位置していること、高周波焼入れの影響で残留引張応力が発生していること、加えて、高い変動応力が発生する範囲にあることから、他の部位に比べて高い応力が発生しているものの、疲労限度に対しては余裕のあるものであった。しかし、非金属介在物の影響を加味し評価を行った結果、当該部の変動応力は疲労限度に到達した。</p>
<p>事象の原因</p>	<p>当該部は、表面近傍の非金属介在物の存在により疲労限度が低下していた。この状態で、残留応力に加え、試運転、定例試験、定期検査時の変動応力により、この非金属介在物を起点として疲労によるひびが徐々に進展したものと推定される。</p>
<p>再発防止対策</p>	<p>(1) ひびが認められたクランク軸については、表面の非金属介在物の調査を行い、健全性を確認した新品と交換した。今後の定期検査時に、計画的に健全性の確認を行う。</p> <p>(2) その他の非常用ディーゼル発電設備2台(A系、高圧炉心スプレイ系)のクランク軸については、定期検査期間中に浸透探傷試験を行い、健全性を確認した。</p> <p>(3) 今後、非常用ディーゼル発電設備のクランク軸については、介在物、残留応力および変動応力による応力集中をより一層軽減するよう製造者に対し指導する。</p>

非常用ディーゼル発電設備B号機
クランク軸ひび部概要図



長さ: 約200 μm
幅: 約70 μm



ひび位置
(クランク軸下部より見る)

