

浜岡 3 号機、4 号機 低圧タービン動翼取付部(車軸側)の点検結果および原因と対策について

1. 事象の概略

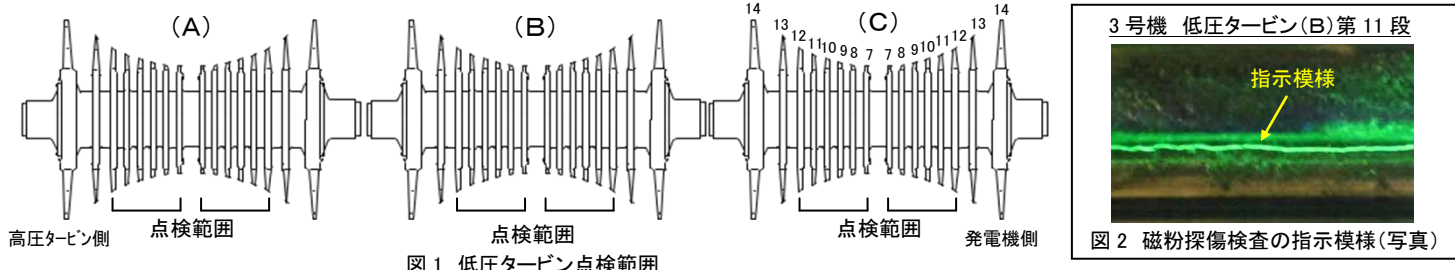
他の原子力発電所で低圧タービンの動翼取付部に微細なひび割れが確認されたことを受け、浜岡 4 号機の低圧タービンの動翼取付部(車軸側)の超音波探傷検査^{※1}をおこなったところ、有意な指示波形を確認しました。

浜岡 4 号機の結果を受け、浜岡 3 号機の同部位について超音波探傷検査をおこなったところ、同様に有意な指示波形を確認しました。

超音波探傷検査で指示波形を確認した部位の磁粉探傷検査^{※2}など調査を進めておりましたが、このたび全体の調査結果をとりまとめましたので、以下のとおりお知らせいたします。

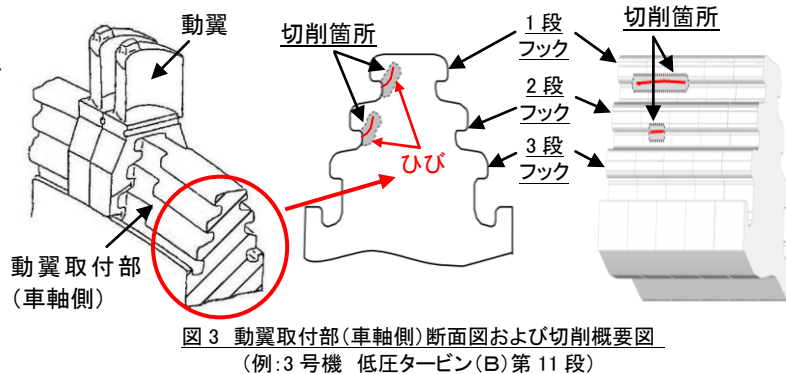
2. 調査結果について

■他の原子力発電所でひび割れが確認された部位と同構造である第7段～第12段の動翼取付部について磁粉探傷検査を実施したところ、ひびが発生している箇所があることを確認しました。(図1、2参照)



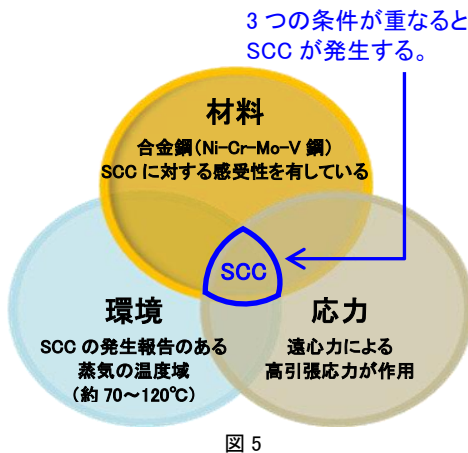
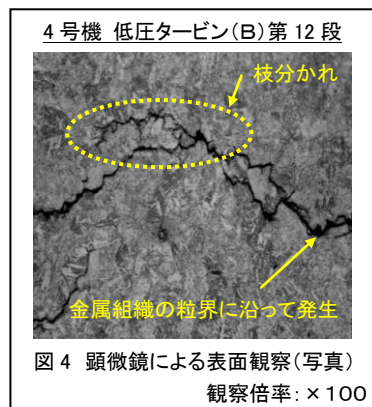
■磁粉探傷検査で指示が確認された箇所について、ひびの深さを調査するため、ひびが除去できるまで切削を実施し、切削箇所の強度評価をおこないました。その結果、動翼の復旧が困難な箇所があることを確認しました。(図3参照)

■ひびを確認した動翼取付部(車軸側)のサンプル(ひび部分)を採取し、顕微鏡による表面観察を実施した結果、ひびは金属組織の粒界に沿って発生していることを確認しました。(図4参照)



3. ひびが発生した原因について

顕微鏡による表面観察の結果、動翼取付部(車軸側)のひびは金属組織の粒界に沿って発生しており、内部に進展するにつれて多数に枝分かれしていることを確認しました。これらの観察結果と低圧タービンの動翼取付部の材料、使用環境および発生応力の状況から、発生したひびは応力腐食割れ(SCC: Stress Corrosion Cracking)であると推定しました。(図4、5参照)



4. 対策について

(1) 点検および評価

現状の車軸に対し、次項(2)による復旧を実施した状態において、運転中に応力腐食割れが再発および進展する場合を仮定して、今後の運転が可能か評価しました。

<ひびが確認されなかった箇所>	<ひびが確認され、切削を実施した箇所>
1mmのひびが存在していると仮定し、応力腐食割れの進展速度を用いて評価した結果、約6年(4.5サイクル)の運転が可能であると評価しました。	切削によりひびは除去されていますが、運転開始後、ひびが直ちに発生および進展するという保守的な評価 ^{※3} を実施した結果、約4年(3サイクル)の運転が可能であると評価しました。

今後、定期的に当該部位の点検をおこない、健全性を確認してまいります。

(2) 復旧方法

低圧タービンの車軸の状況を踏まえ、以下の復旧方法を適用いたします。(適用箇所については、表1参照)

① はさみ金設置
現状の動翼の代わりにはさみ金を設置します。
(ただし、2本以上連続してはさみ金を設置した実績はなく、検証試験に長期間を要することから、その場合ははさみ金を適用いたしません)

② 圧カプレート設置
当該段落の動翼を取り外し、圧カプレートを設置します。バランスを取るため、当該段落の発電機側と高圧タービン側の両取替となります。
(ただし、2段落以上圧カプレートを設置した実績はなく、検証期間に長期間を要することから、その場合は圧カプレートを適用いたしません)

③ 車軸取替
車軸の取り替えを実施します。
車軸の取り替えにあたっては、応力腐食割れの発生を抑制するため、動翼取付部に生じる引張応力を緩和する措置として高い応力が発生しにくい形状への変更や材料表面の応力を圧縮応力にするための表面加工などの対策を計画してまいります。

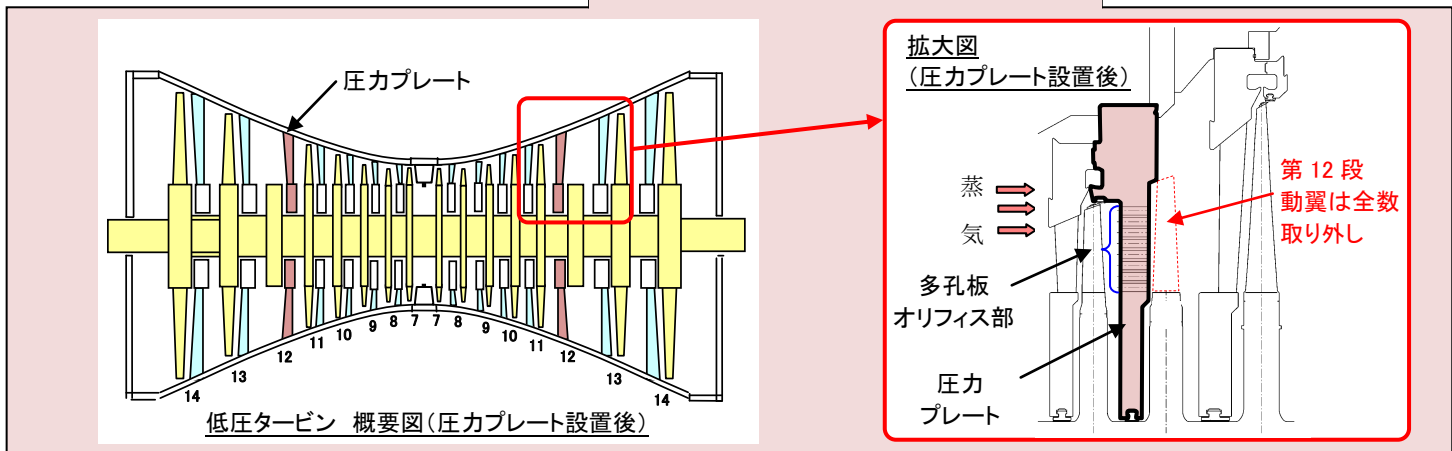


表1 3、4号機低圧タービン復旧方法

3号機 低圧タービン	第7～9段	第10段		第11段		第12段	
		高圧タービン側	発電機側	高圧タービン側	発電機側	高圧タービン側	発電機側
(A)	調査結果	ひび無し	ひび有り	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	ひびを切削により除去				圧カプレート設置	
(B)	調査結果	ひび無し	ひび無し	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	ひびを切削により除去				一部はさみ金設置	圧カプレート設置
(C)	調査結果	ひび無し	ひび無し	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	ひびを切削により除去				圧カプレート設置	

4号機 低圧タービン	第7～9段	第10段		第11段		第12段	
		高圧タービン側	発電機側	高圧タービン側	発電機側	高圧タービン側	発電機側
(A)	調査結果	ひび無し	ひび有り	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	ひびを切削により除去				圧カプレート設置	
(B)	調査結果	ひび無し	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	ひびを切削により除去				圧カプレート設置	
(C)	調査結果	ひび無し	ひび有り	ひび有り	ひび有り	ひび有り	ひび有り
	復旧方法	車軸の取り替え				圧カプレート設置(車軸取り替え同調)	

5. 車軸の取り替えについて

今後、3号機の低圧タービン(A)～(C)および4号機の低圧タービン(A)、(B)についても車軸の取り替えを計画してまいります。車軸の取り替えにあたっては、4号機の低圧タービン(C)の車軸も含め、応力腐食割れの発生を抑制するため、動翼取付部に生じる引張応力を緩和する措置として高い応力が発生しにくい形状への変更や材料表面の応力を圧縮応力にするための表面加工などの対策を計画してまいります。

※1 超音波探傷検査とは、検査対象物に超音波を入射し、対象物の内部を超音波の反射により調査する検査です。動翼を取り付けた状態でも車軸の検査することが可能です。
 ※2 磁粉探傷検査とは、検査対象物に磁界を作用させたときの磁粉模様により、対象物表面(表面近傍の内部を含む)を調査する検査です。
 ※3 3号機の実績より、動翼取付部(車軸側)に応力腐食割れが発生するまでの時間は、運転開始から概ね11年程度と推定しています。