

柏崎刈羽原子力発電所7号機 蒸気タービンの点検状況について

平成20年8月6日



東京電力

蒸気タービンの点検状況について

蒸気タービンは基本点検として目視点検、作動試験を実施することとしたが、作動試験は蒸気が発生しなければ実施できないことから、追加点検として分解点検を実施することにより損傷状態を確認することとした。分解点検で発見された主な損傷状況を下記に示す。

■ 7号機の蒸気タービンの主な損傷状況

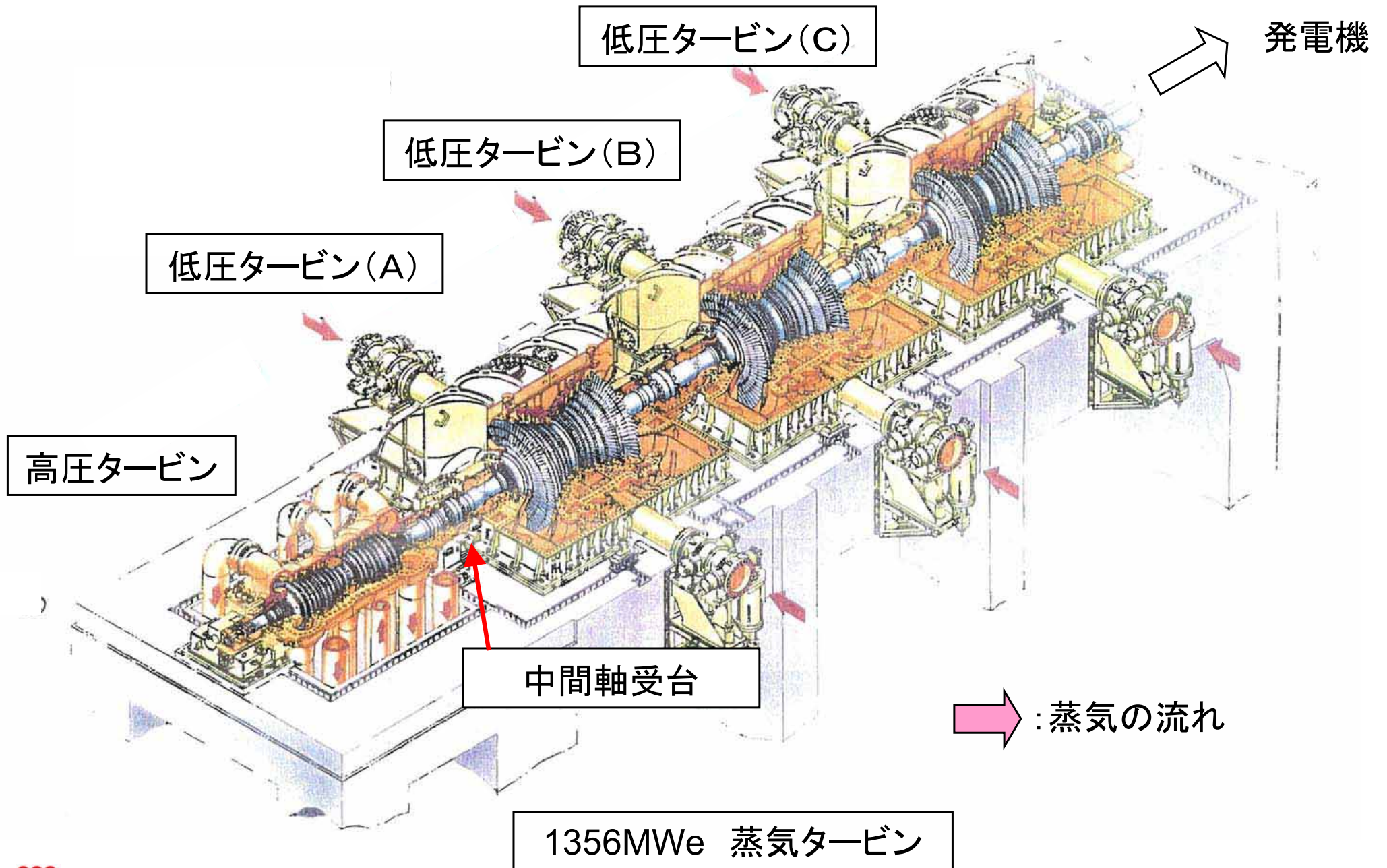
- ・ 高・低圧タービンの動翼－静翼の接触
- ・ 中間軸受台キー変形、オイルシールリングの破損
- ・ ジャーナル軸受及び軸受油切り、タービンロータの損傷
- ・ 動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損

1. 高・低圧タービンの動翼—静翼接触



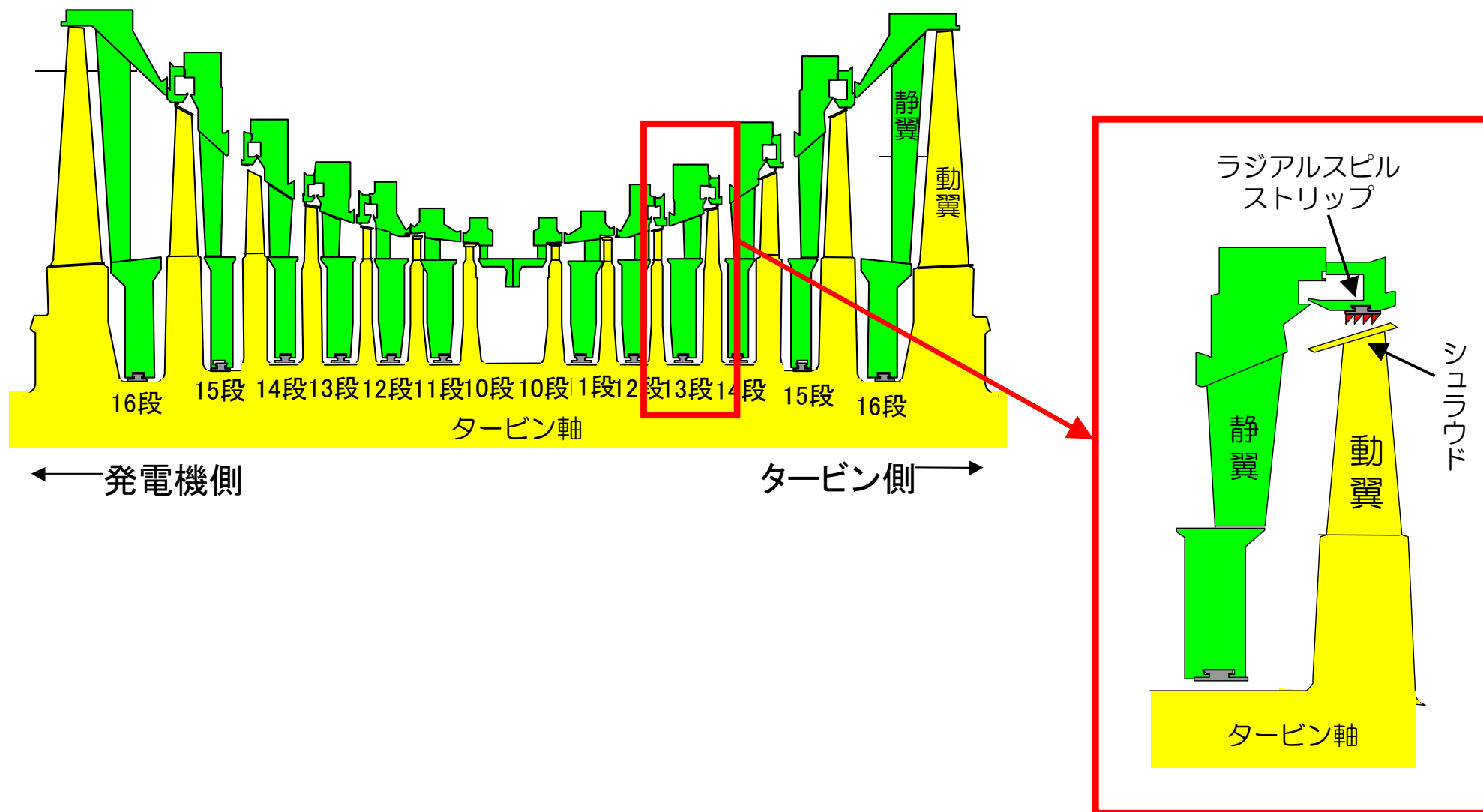
東京電力

蒸気タービン全体図



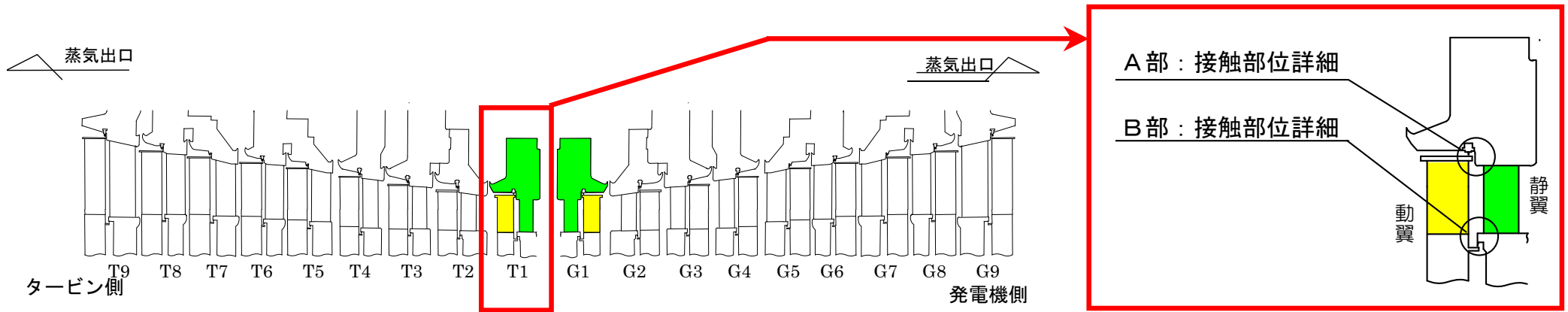
動翼—静翼の接触状況 (1 / 5)

動翼と静翼の構造



動翼—静翼の接触状況 (2/5)

●7号機 高圧タービンの接触状況



静翼側



T1—A部

動翼側



静翼側

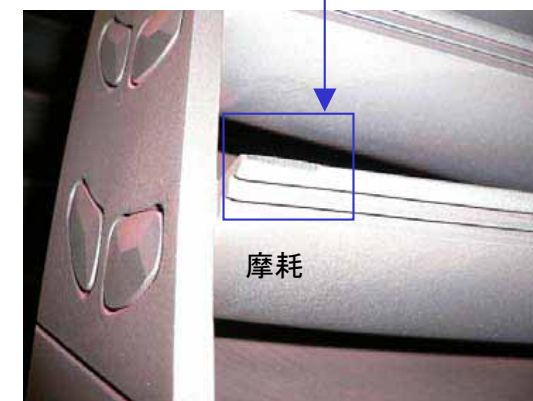
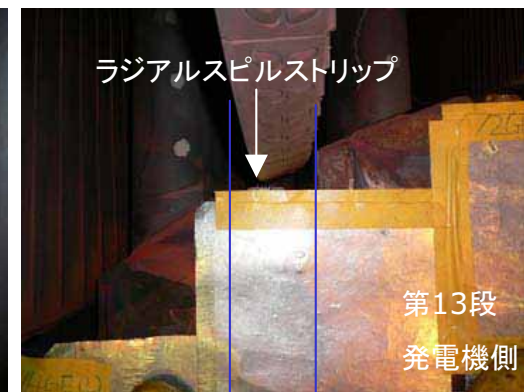
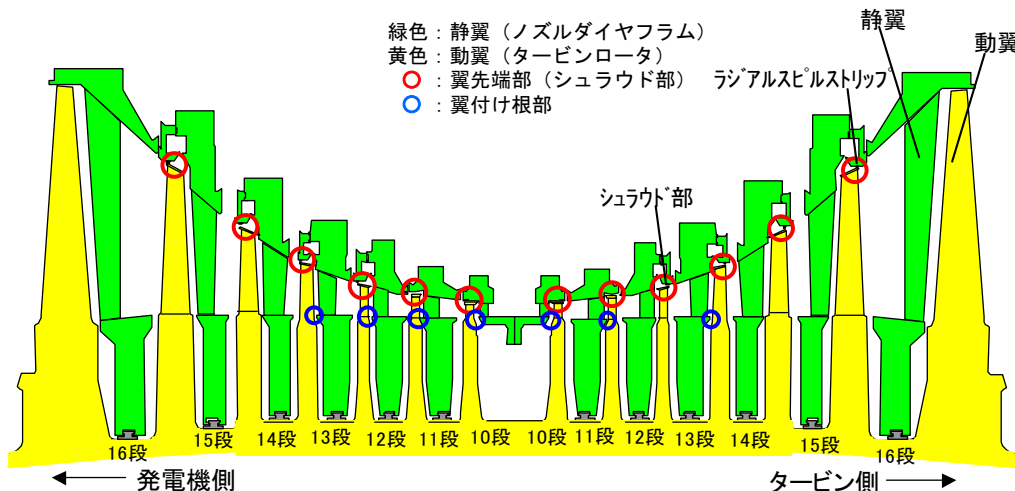
T1—B部



動翼側

動翼－静翼の接触状況（3／5）

● 7号機 低圧タービン(A)の接触状況



第13段発電機側 シュラウド部

第13段発電機側 湿分分離翼部 (動翼)

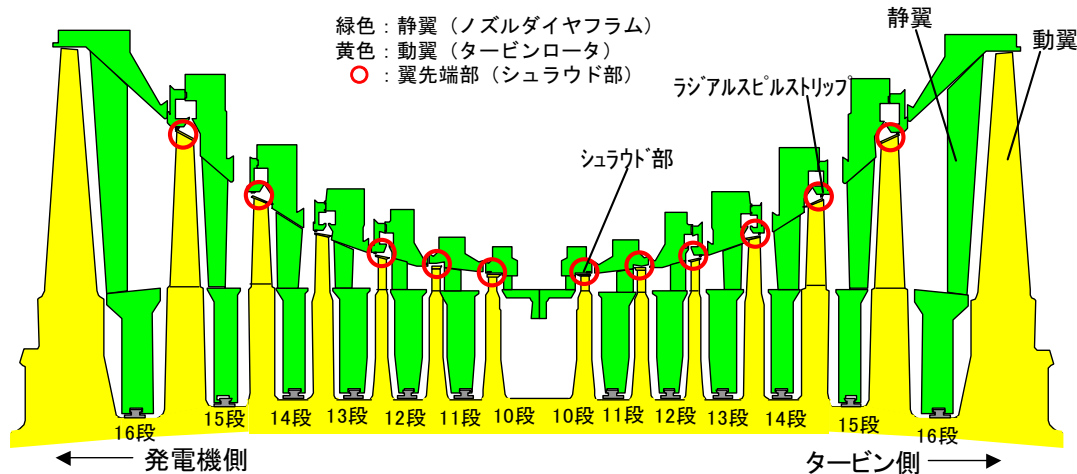
※1 第13段～15段は湿分分離翼であり、湿分分離翼は構造上シュラウドより蒸気入口側に突出している(写真上参照)。

段数	接触部位		状況	
	動翼	静翼		
タービン側	10	シュラウド部	左記対応部位	摩耗
		翼付け根部	〃	摩耗
	11	シュラウド部	〃	摩耗
		翼付け根部	〃	接触痕(光沢のみ)
	12	シュラウド部	〃	摩耗
		翼付け根部	〃	摩耗
13	湿分分離翼部※1	〃	摩耗	
	翼付け根部	〃	接触痕(光沢のみ)	
発電機側	10	シュラウド部	左記対応部位	摩耗
		翼付け根部	〃	摩耗
	11	シュラウド部	〃	摩耗
		翼付け根部	〃	摩耗
	12	シュラウド部	〃	摩耗
		翼付け根部	〃	摩耗
13	湿分分離翼部※1	〃	摩耗	
	翼付け根部	〃	摩耗	

注) 動翼シュラウド部と静翼ラジアルスピルストリップ部との接触痕(光沢のみ)はタービン側、発電機側12～15段にある。

動翼－静翼の接触状況（4／5）

●7号機 低圧タービン(B)の接触状況



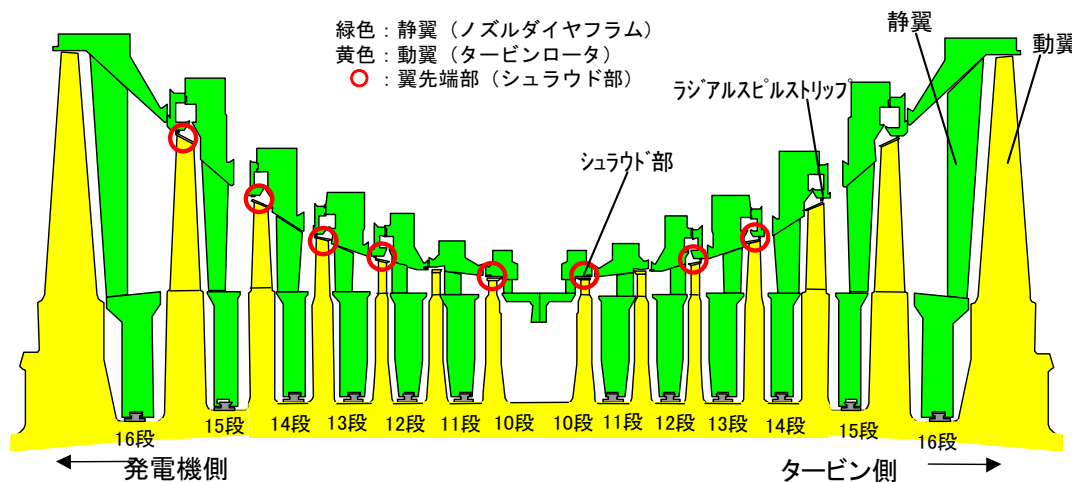
	段数	接触部位		状況
		動翼	静翼	
タービン側	10	シュラウド部	左記対応部位	摩耗
	11	シュラウド部	〃	摩耗
	12	シュラウド部	〃	摩耗
発電機側	10	シュラウド部	〃	摩耗
	11	シュラウド部	〃	摩耗
	12	シュラウド部	〃	摩耗

注) 動翼シュラウド部と静翼ラジアルスピルストリップ部との接触痕は、タービン側10、13～15段、発電機側12、14、15段に有り。

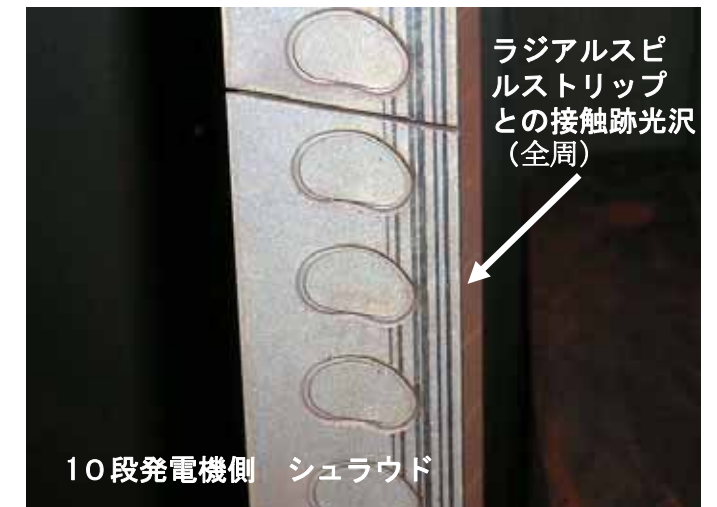


動翼－静翼の接触状況（5/5）

●7号機 低圧タービン(C)の接触状況

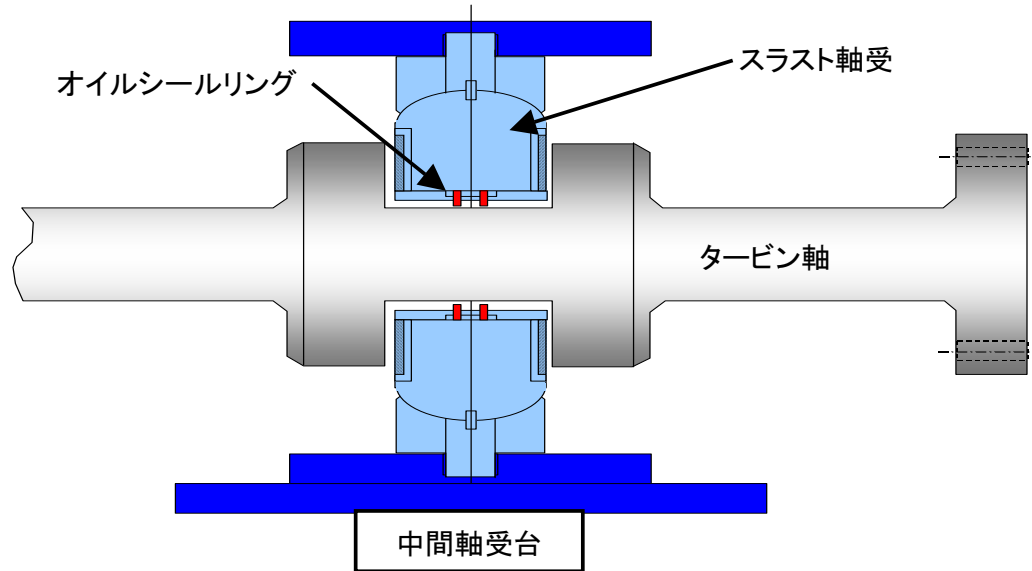


	段数	接触部位		状況
		動翼	静翼	
タービン側	10	シュラウド部	左記対応部位	接触痕(光沢のみ)
	12	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
	13	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
発電機側	10	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
	12	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
	13	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
	14	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)
	15	シュラウド部	"	接触痕(光沢のみ)

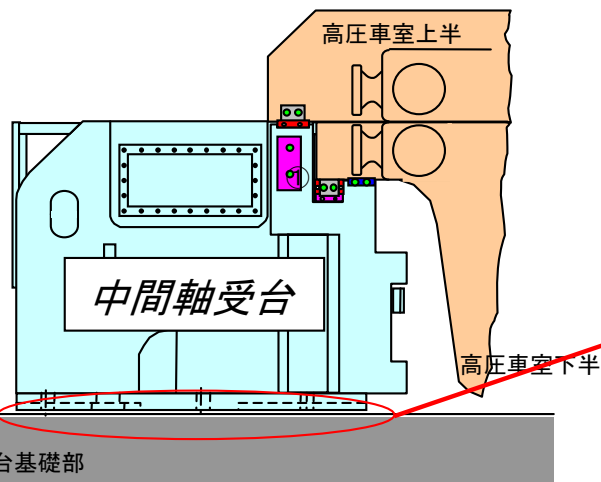


オイルシールリング，中間軸受台損傷状況

● 7号機 オイルシールリング損傷状況

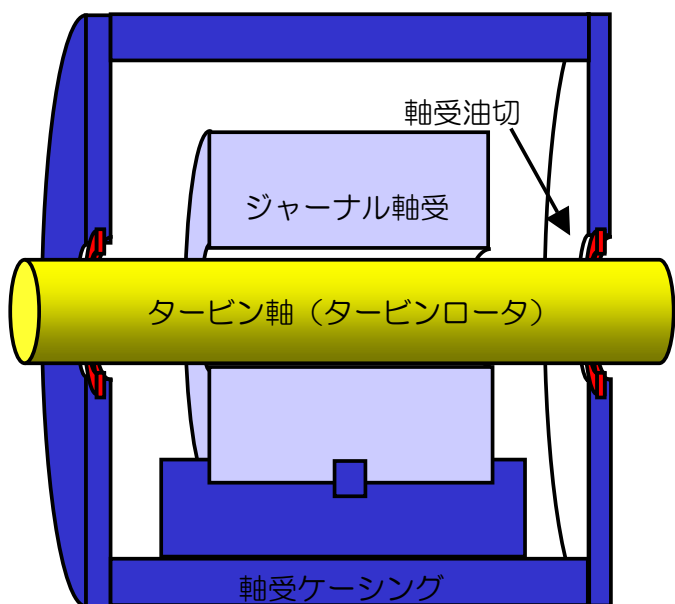
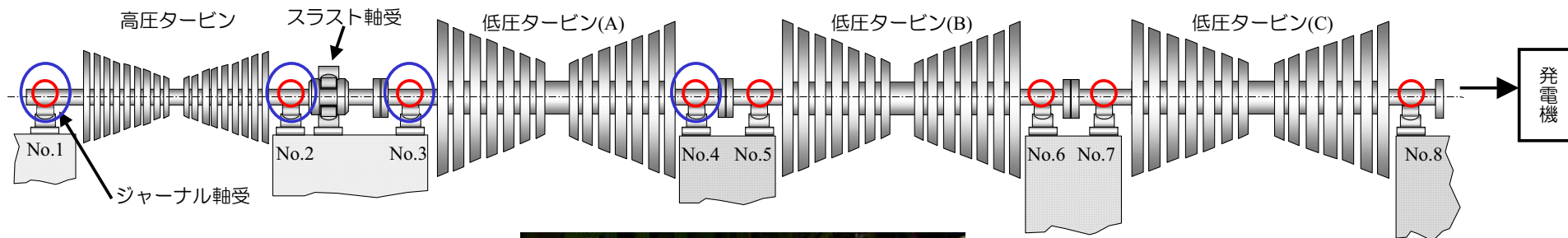


● 7号機 中間軸受台損傷状況

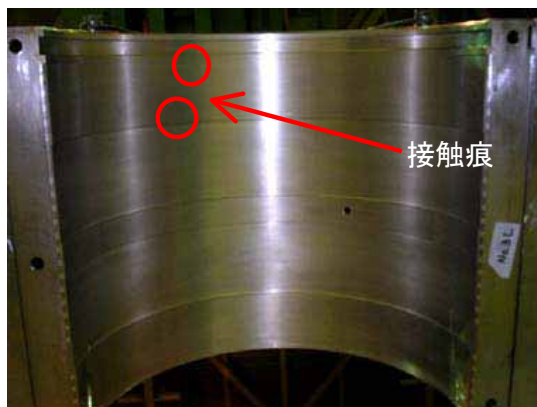


ジャーナル軸受及び軸受油切り、タービンロータの損傷状況

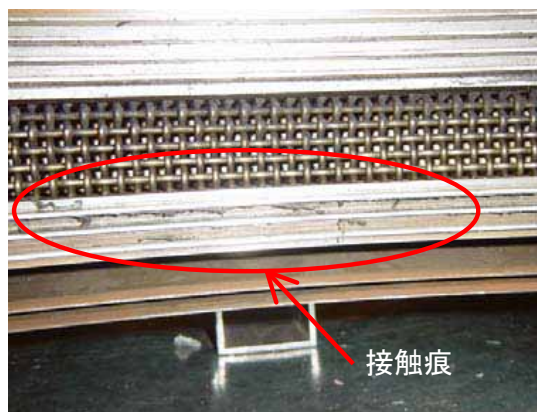
●7号機 ジャーナル軸受及び軸受油切り、タービンロータの損傷状況



概略図



ジャーナル軸受の軽微な接触痕



軸受油切りの軽微な接触痕

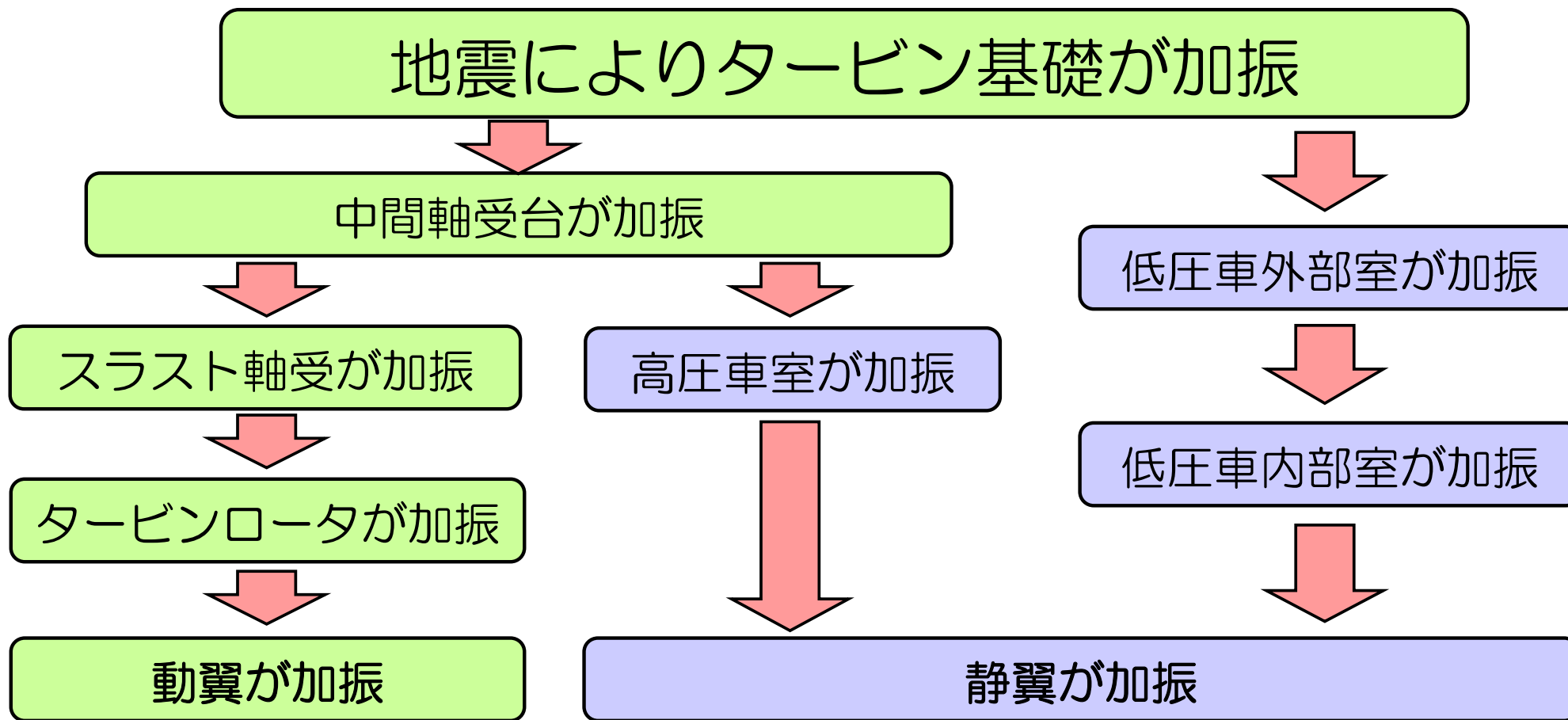
- ジャーナル軸受の接触痕
- 油切り・タービンロータ接触痕



タービン軸 (タービンロータ) の軽微な接触痕

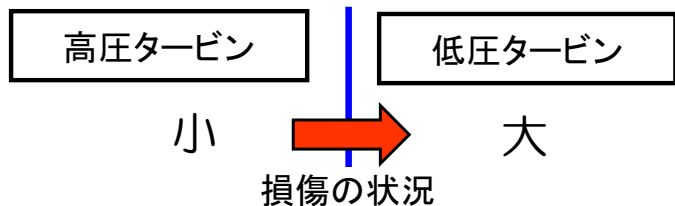
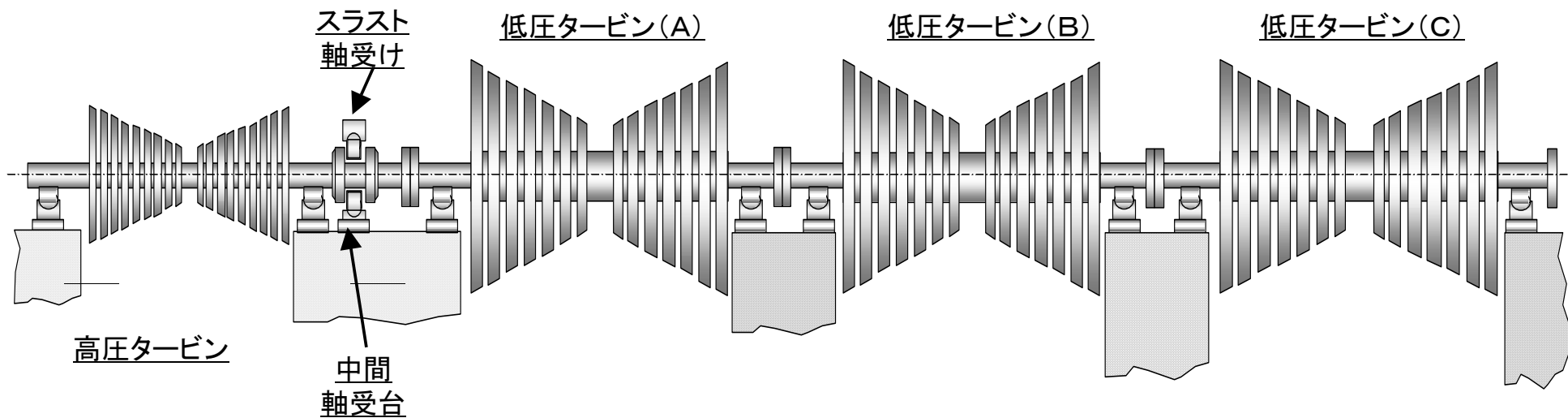
動翼—静翼の接触の推定原因

- これらの支持構造から、動翼—静翼の接触原因について、以下のように推定



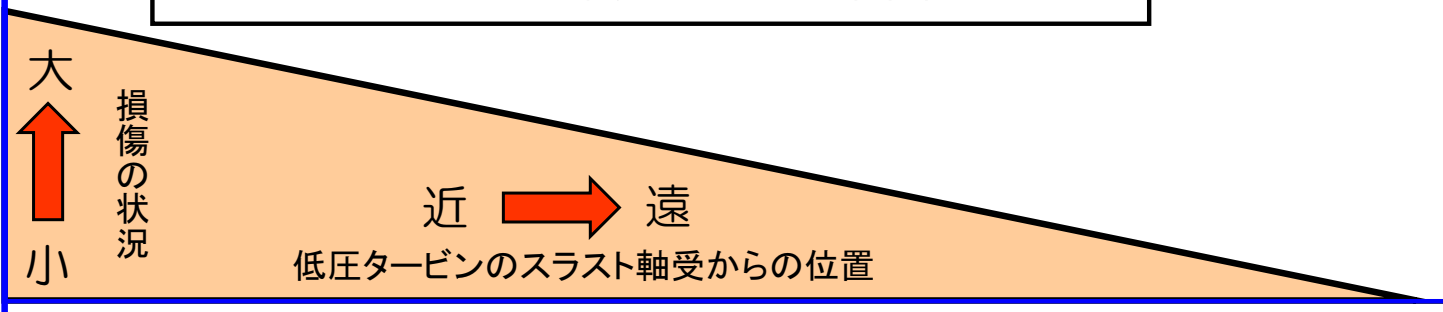
これらにより動翼と静翼が接触したものと推定

動翼—静翼の接触被害状況の整理



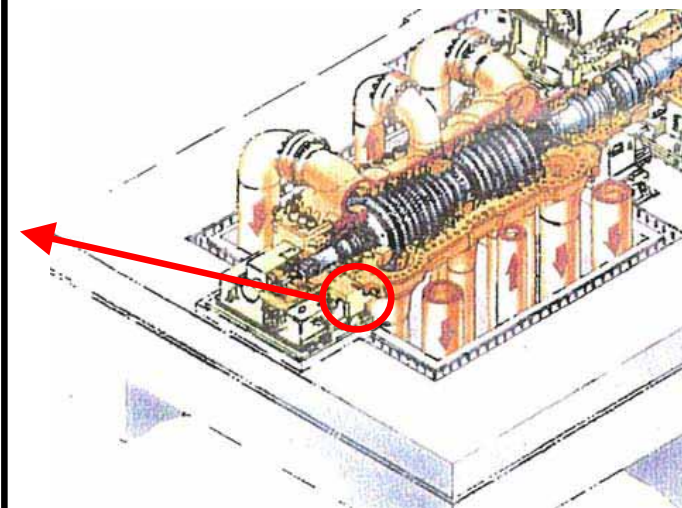
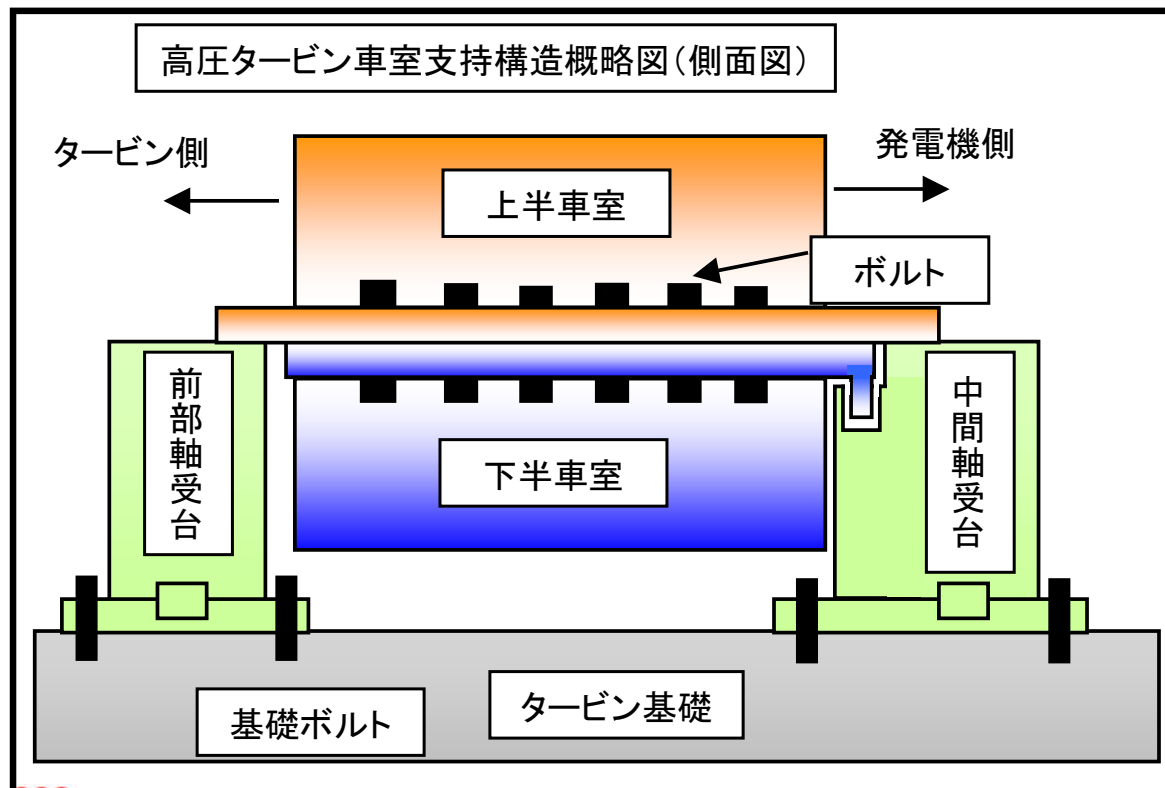
(1) 低圧タービンより高圧タービンの方が被害が小さい

(2) 低圧タービンはスラスト軸受けから離れる程被害が小さい



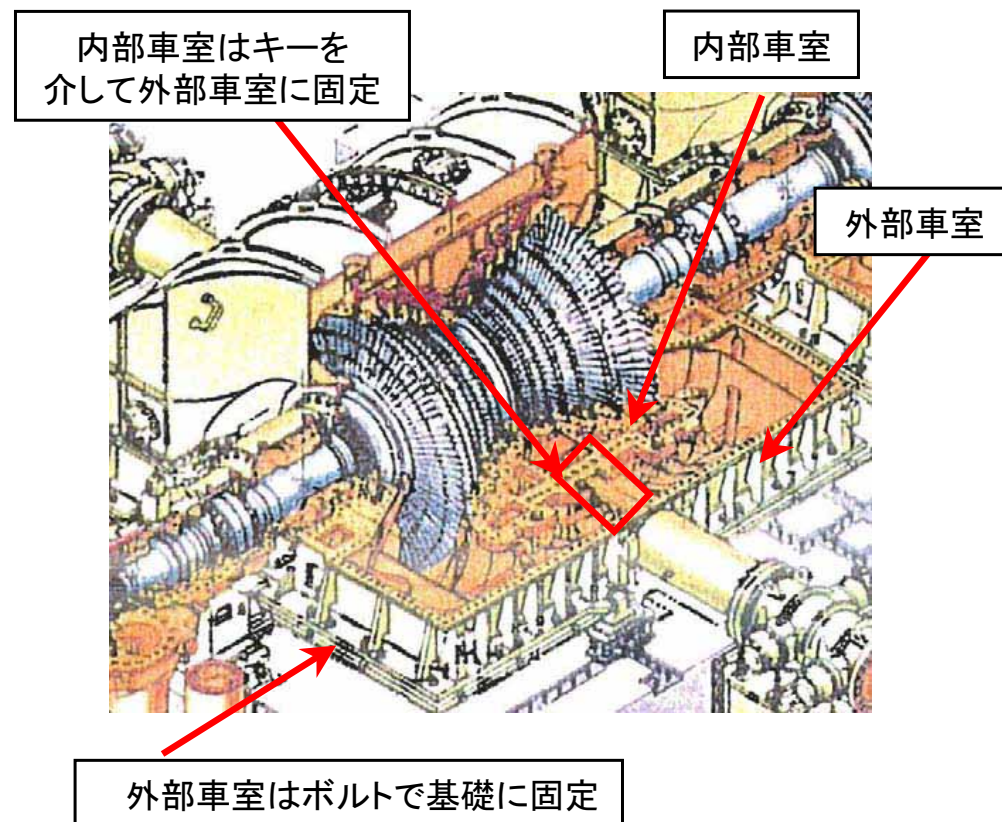
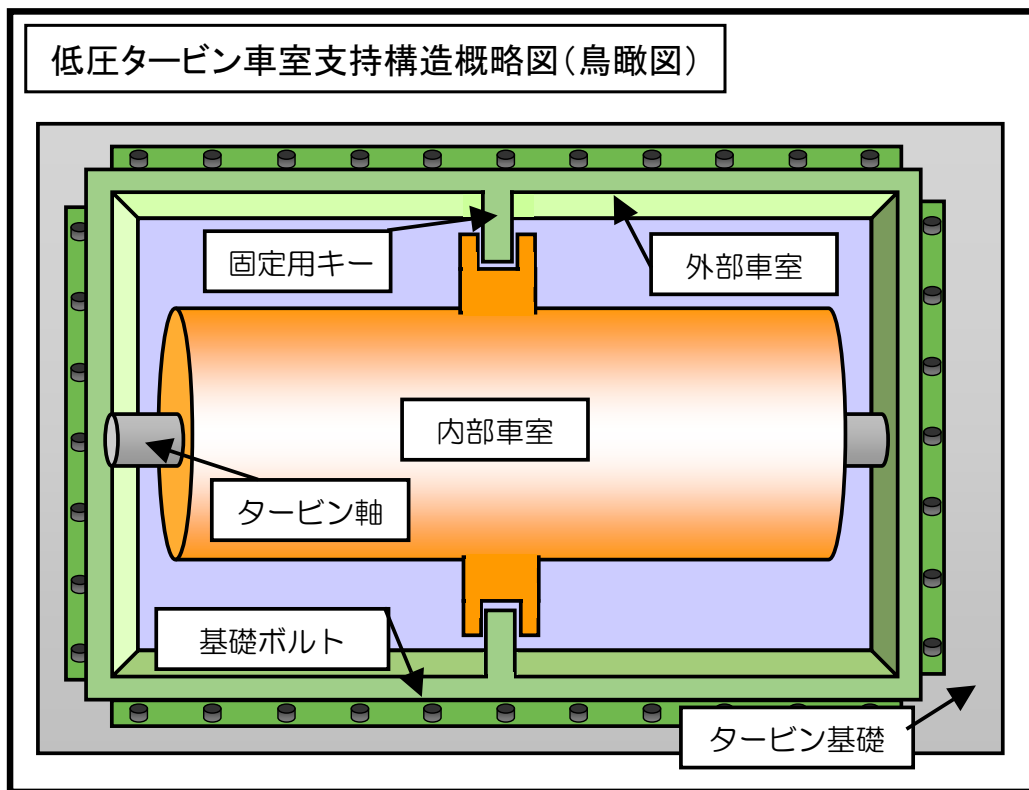
高圧タービンの支持構造

- 高圧タービンの支持構造は、以下のようにになっている。
- 車室（静翼を支持）は一層構造
- 上半車室が中間軸受台（スラスト軸受を支持）に直接載っている
- 下半車室は上半車室にボルトで支持



低圧タービンの支持構造

- 低圧タービンの支持構造は、以下のようにになっている。
- 車室は二重構造
- 外部車室がタービン基礎にボルトで固定
- 内部車室（静翼を支持）は、固定用キーを介して外部車室に固定



動翼—静翼の接触状況の違いに関する推定要因

(1) 高圧—低圧の接触状況の違い

●高圧車室と低圧車室の支持部の構造の違い

高圧タービン：静翼と動翼の振動の位相差が小さい。

- ・高圧車室（静翼固定）が中間軸受台（スラスト軸受：動翼拘束）に直接載っている。

低圧タービン：静翼と動翼の振動の位相差が大きい。

- ・低圧内部車室（静翼固定）は外部車室にキーで固定されており振幅が大きい。また、中間軸受台と外部車室は個別に固定

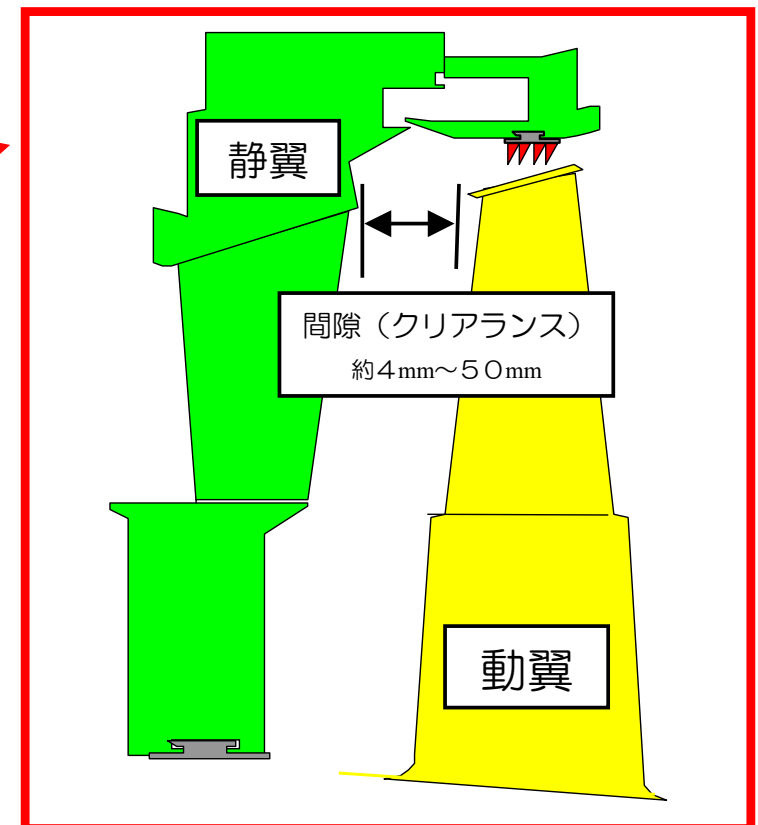
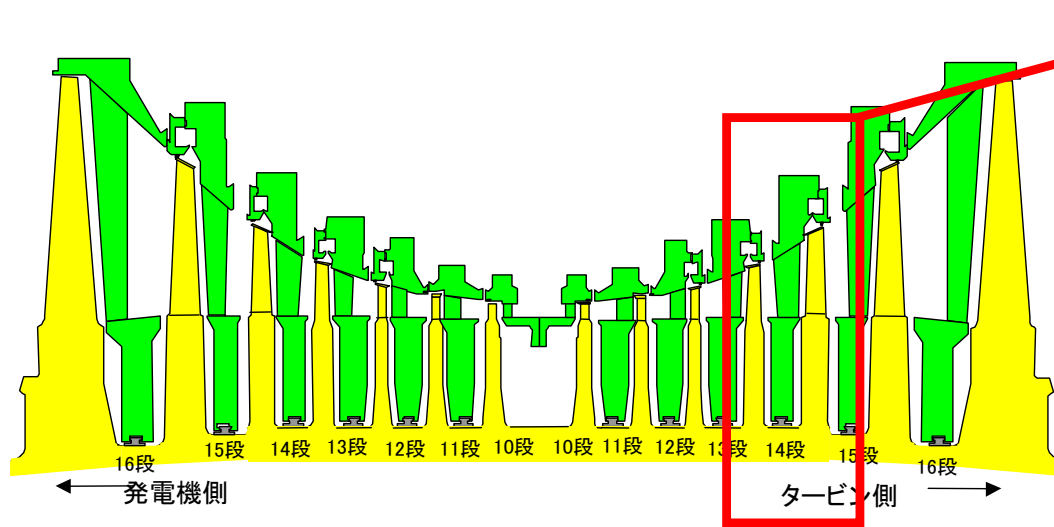
動翼—静翼の接触状況の違いに関する推定要因

(2) 低圧 (A) (B) (C) で接触状況の違い

● 動翼—静翼の間隔 (クリアランス) の違い

動翼—静翼の間隔管理値 (低圧 (A) < 低圧 (B) < 低圧 (C))

- ・ スラスト軸受から離れるに、従い熱伸びを考慮して同段落の間隙 (クリアランス) の管理値を大きくしている。



2. 動翼フォーク部（翼付け根部） の一部折損

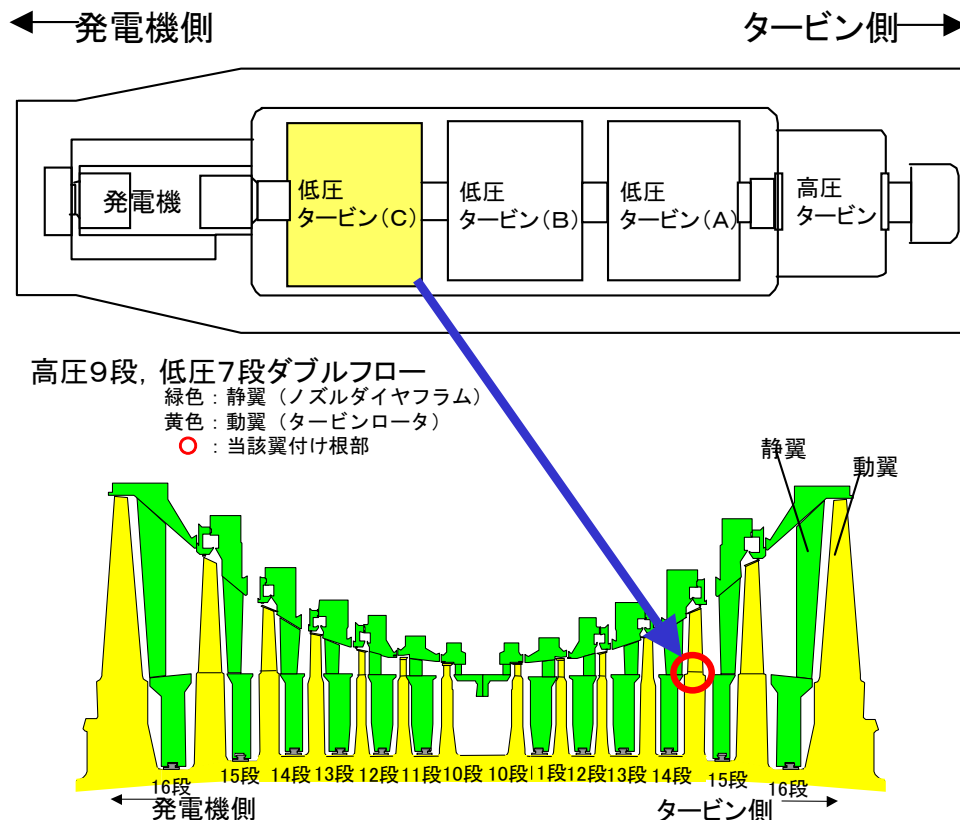


東京電力

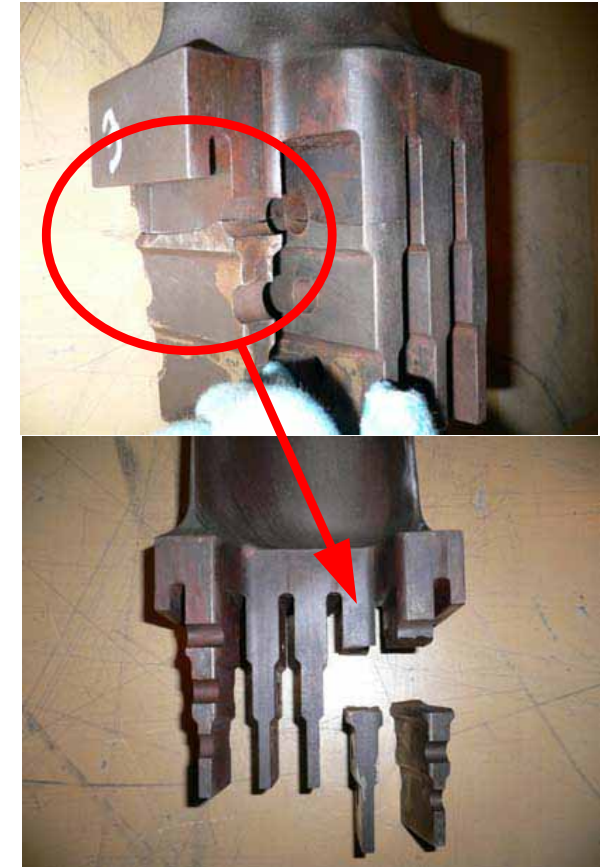
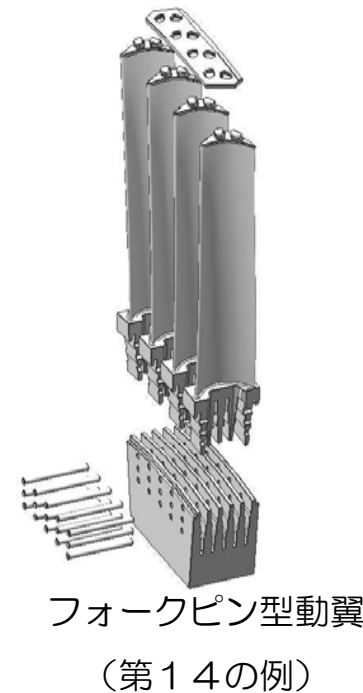
動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

■ 詳細点検で、7号機低圧タービン（C）第14段の動翼フォーク部の止めピンの超音波探傷試験を実施したところ欠陥指示が確認されたことから、当該動翼を引き抜いて点検を実施した結果、動翼フォーク部の一部に折損を確認。

■ これを受けて、低圧タービン（A）（B）（C）の第14段～16段に関して動翼を引き抜き、動翼フォーク部に対して点検（目視点検、非破壊検査）を実施した。



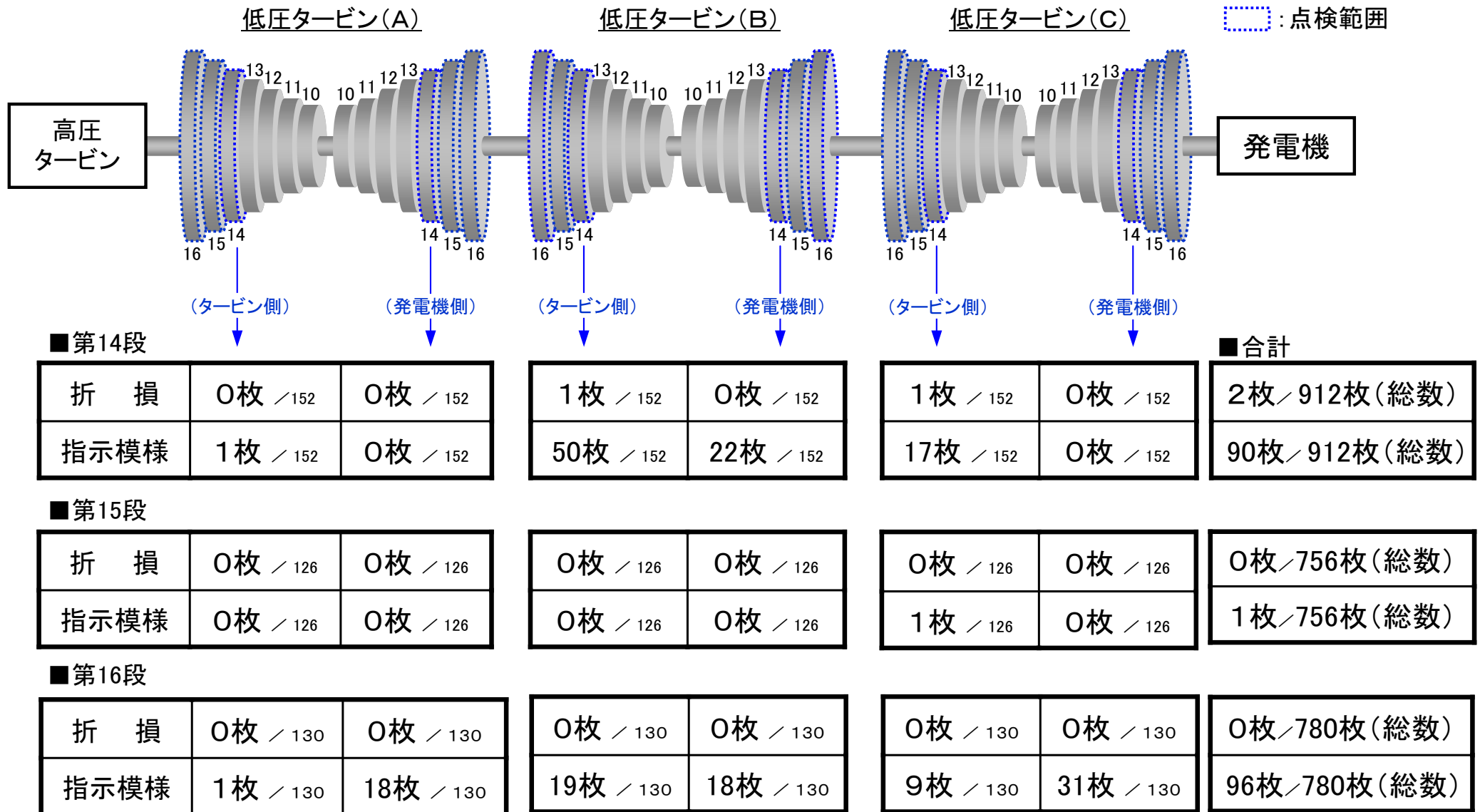
低圧タービン(B)及び(C)



動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

7号機 動翼フォーク部の点検状況

(動翼折損に伴う目視・非破壊検査終了済み)

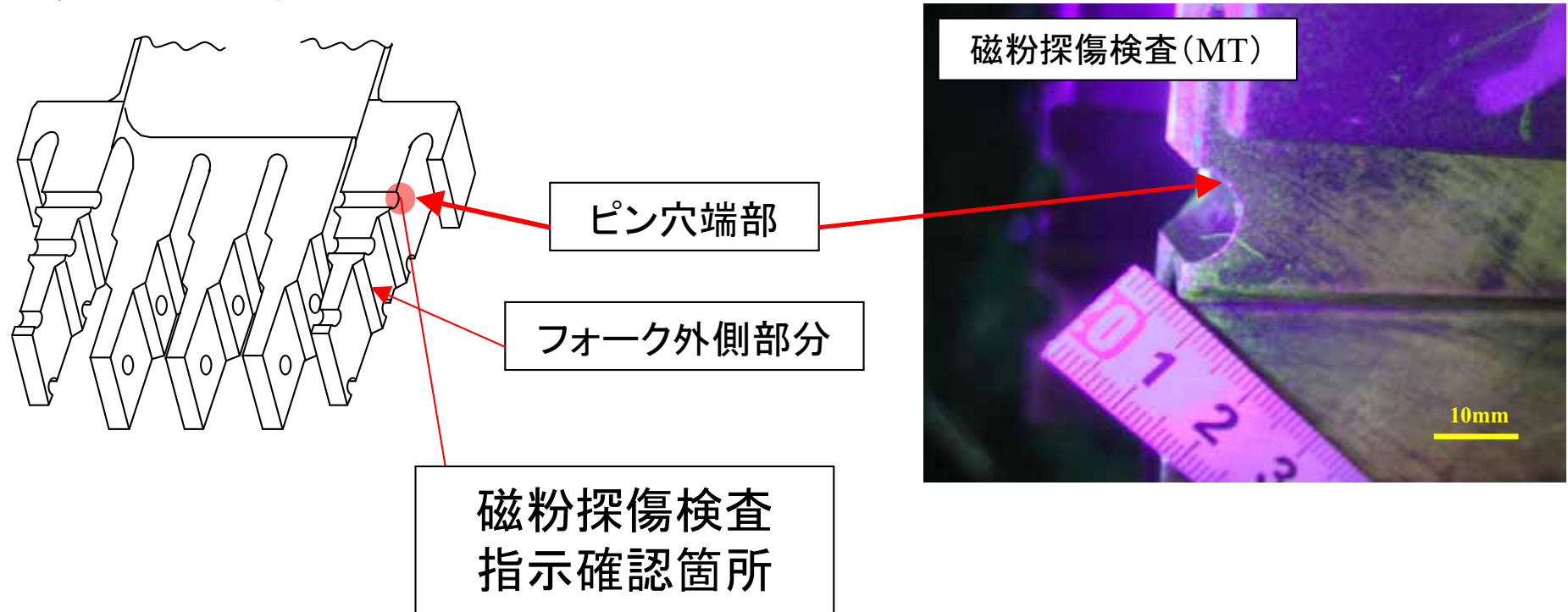


動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

■ 低圧タービン第14段（L-2）及び第16段（L-0）の指示模様について

- ・ フォーク部の磁粉指示模様は大部分が5本（L-2）あるいは7本（L-0）あるフォーク部外側部分に発生。また、磁粉指示模様はピン穴の端部から発生。

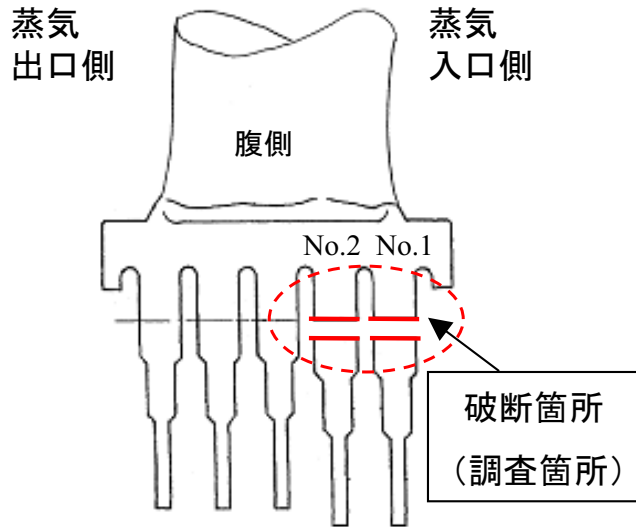
翼フォーク部(L-2の例)



動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

■折損部の金属調査結果

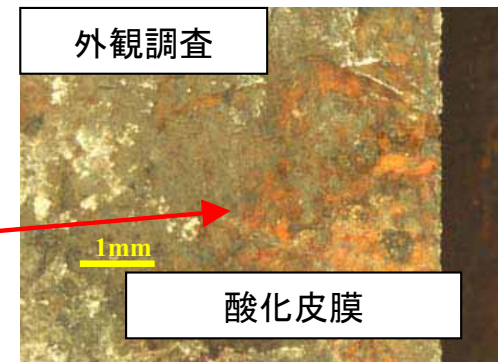
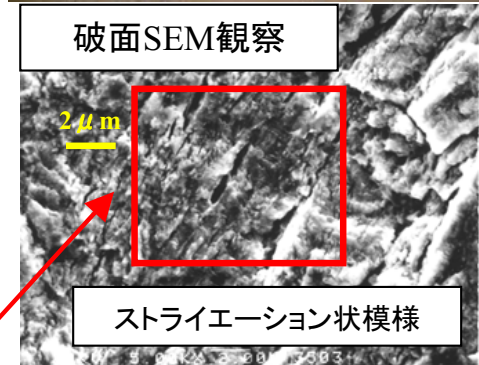
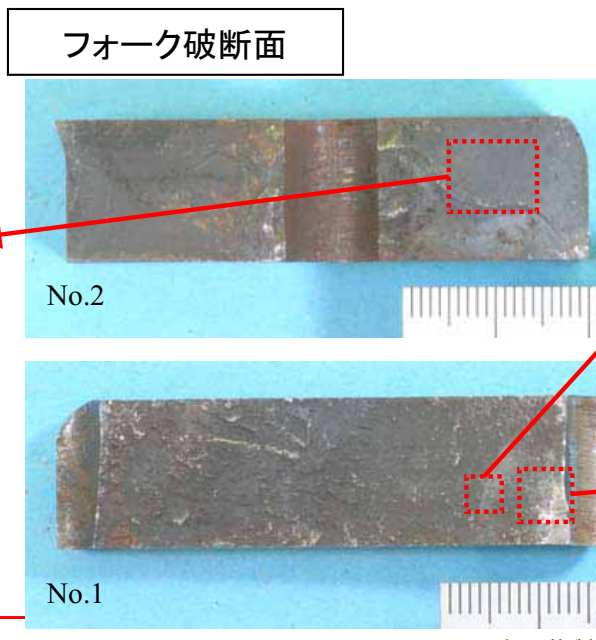
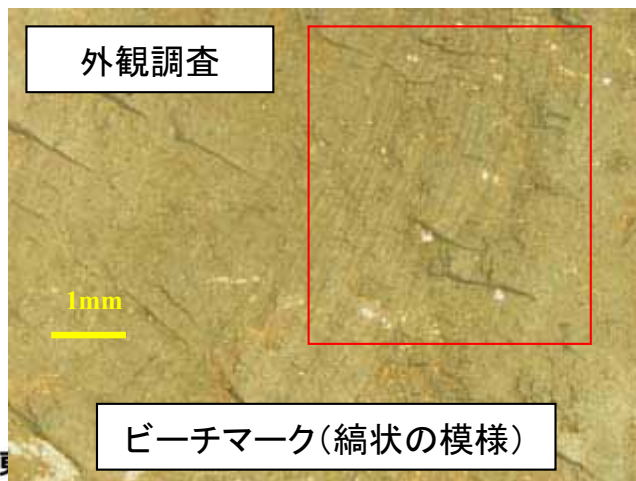
・低圧タービン第14段の折損翼フォーク部について破面調査を行った結果、高サイクル疲労破面に見られるようなビーチマーク及びストライエーション状模様が確認された。また、破面には酸化皮膜が形成されていた。



金属調査実施項目	調査結果
・外観調査	・ビーチマークを確認 ・酸化皮膜を確認
・破面観察(走査型電子顕微鏡)	・ストライエーション状模様を確認
・化学成分分析	・異常な腐食生成物は確認されていない。破面上で酸素を確認。



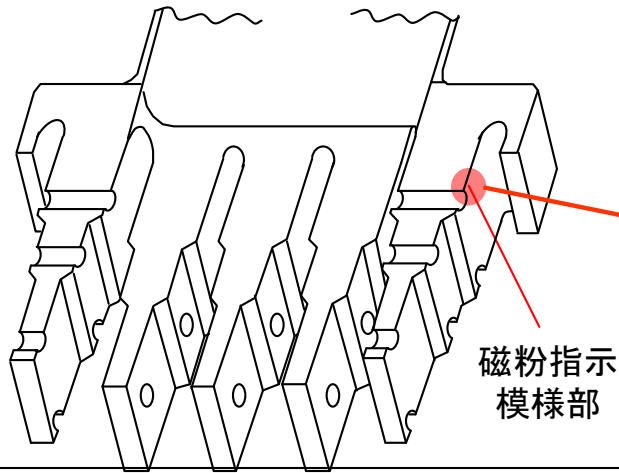
K-7 LPC L-2 タービン側 119枚目



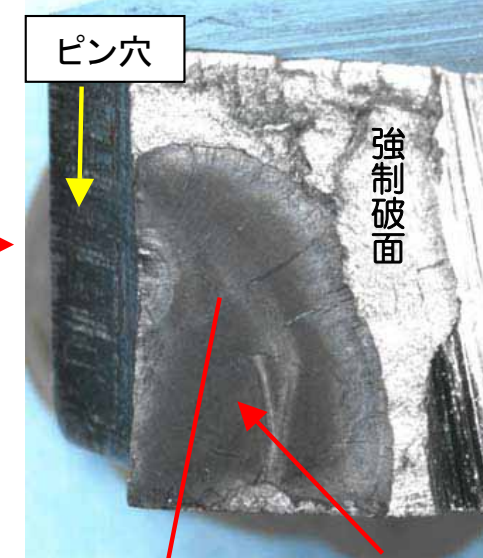
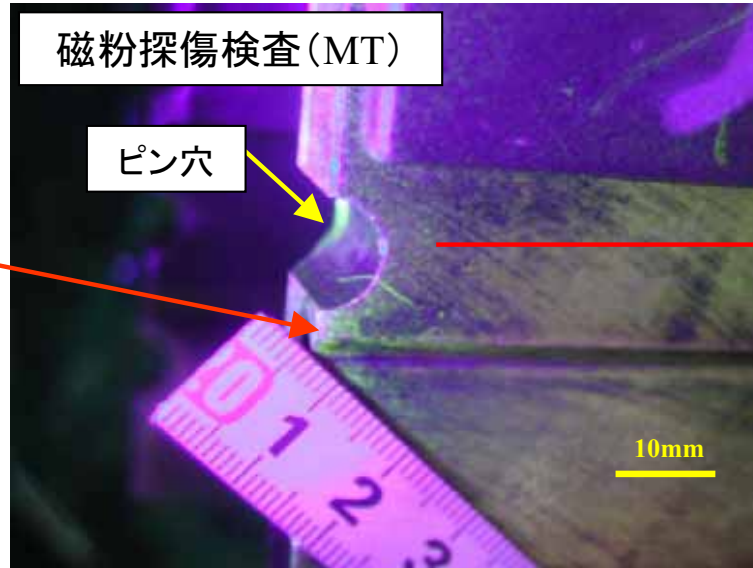
動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

■第14段指示模様箇所での金属調査結果

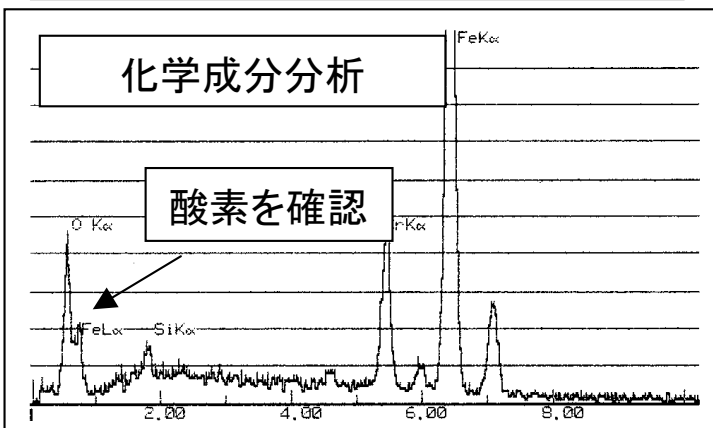
・低圧タービン第14段の磁粉指示模様部について破面調査を行った結果、高サイクル疲労破面に見られるようなビーチマーク及びストライエーション状模様が確認された。また、破面には酸化皮膜が形成されていた。



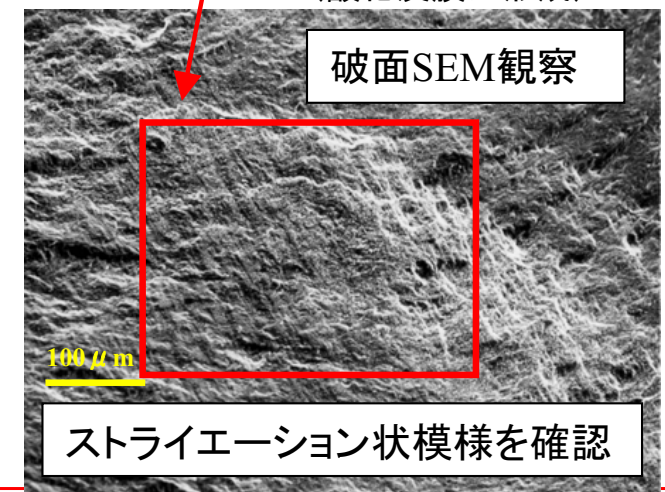
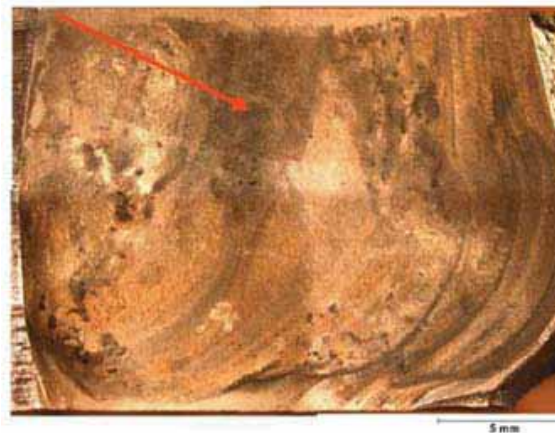
K-7 LPC L-2 タービン側 120枚目 (代表例)



黒色部は亀裂破面 (酸化皮膜が形成)



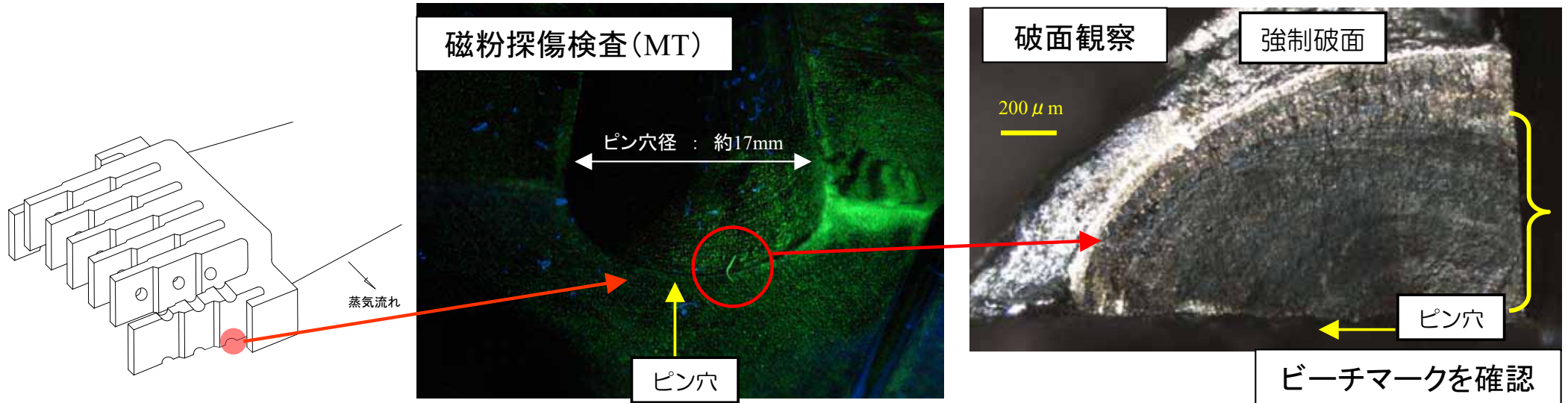
ビーチマーク写真



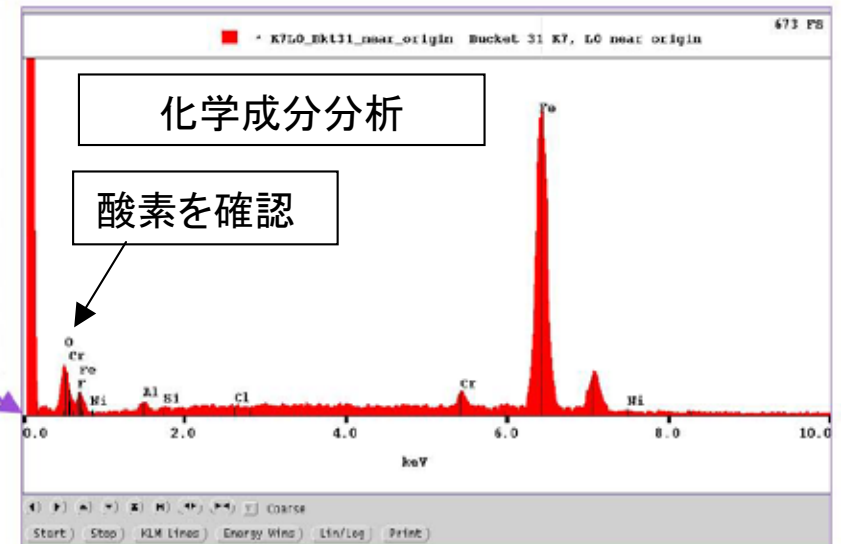
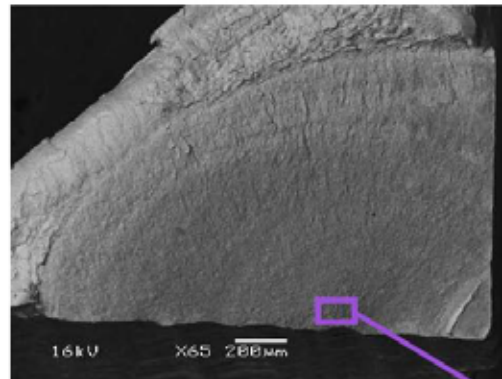
動翼フオーク部（翼付け根部）の一部折損状況

■第16段指示模様箇所の金属調査結果

・低圧タービン第16段の磁粉指示模様部について破面調査を行った結果、高サイクル疲労破面に見られるようなビーチマークが確認された。また、破面には酸化皮膜が形成されていた。



K-7 LPB L-0 タービン側 102 枚目
(代表例)



動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損状況

調査結果のまとめ

- 第14段及び16段については系統的に磁粉指示模様が発生が確認されており、運転又は設計に起因した共通の要因があるものと考えられる。
- 当該部には高サイクル疲労破面に見られるようなビーチマーク及びストライエーション状模様が確認された。また、破面の表面には酸化皮膜も形成されていたことから、今回のプラント停止（地震発生）以前に高サイクル疲労により損傷に至ったものと考えられる。
- 第15段は指示が微小であり、かつ、系統的な指示模様の発生が見られず第14段及び第16段と様相が異なる。製造過程や翼の取り外し作業等に伴って生じたものと考えられる。

対策及び今後の対応（1 / 2）

■ 高・低圧タービンの動翼－静翼の接触

- 今後、解析により地震の影響評価を実施する。解析については実施中。
- 動翼の新規交換を実施する。

（新規交換する翼：低圧タービン（A）：10段11段12段 低圧タービン（B）：10段）

■ 中間軸受台キー変形、オイルシールリングの破損

- 中間軸受台キーの修理、オイルシールリングの取替えの実施する。

■ ジャーナル軸受及び軸受油切り、タービンロータの損傷

- ジャーナル軸受及びタービンロータについては、軽微な接触痕が確認されたことから、手入れ修理を実施する。
- 軸受油切りについては取替えを実施する。

■ 動翼フォーク部（翼付け根部）の一部折損

- 調査結果から当該事象は、今回の地震の影響の無いと考えられる。今後、当社において詳細な原因究明、対策等を検討していくとともに、その内容については適切に公表していく。

対策及び今後の対応（2／2）

■ <参考> 6号機の状況

- 7号機同様、動翼フォーク部（翼付け根部）欠陥指示模様が下記の通り確認されている。
 - ・ 低圧タービン（A）第1 4段
 - ・ 低圧タービン（B）第1 4段及び第1 6段
 - ・ 低圧タービン（C）第1 4段及び第1 6段
- 詳細調査の結果、7号機同様高サイクル疲労破面に見られるビーチマーク等確認され、また酸化皮膜が形成されていることから、6号機に関しても、地震発生以前に高サイクル疲労により、発生したものと考えられる。
- 調査結果から当該事象は、今回の地震の影響の無いと考えられる。今後、当社において詳細な原因究明、対策等を検討していくとともに、その内容については適切に公表していく。

<参考> 6号機 動翼点検状況 (動翼折損に伴う目視・非破壊検査終了済み)

