

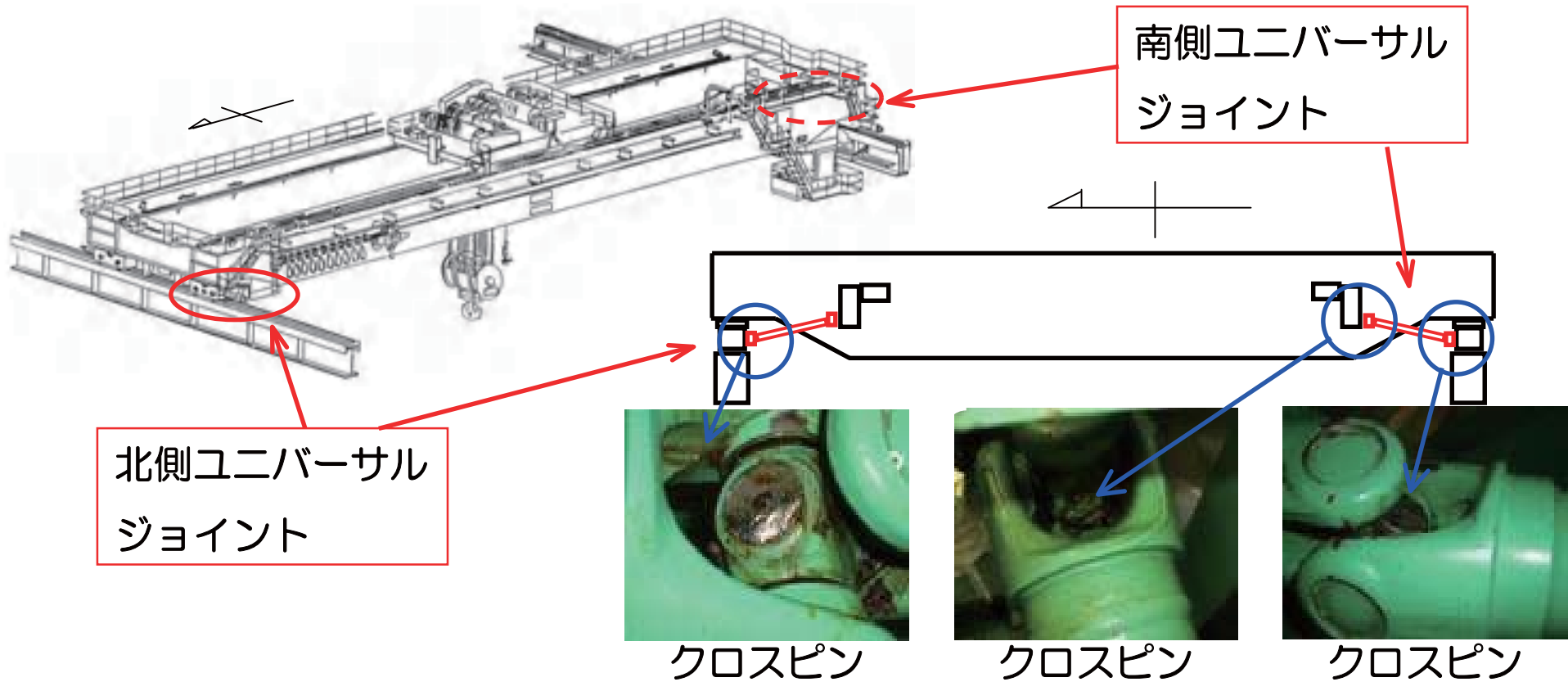
6号機原子炉建屋天井クレーンを 駆動させる軸の継手の破損に関する 原因と対策について

平成20年9月25日
東京電力株式会社



東京電力

事象の概要 (1)



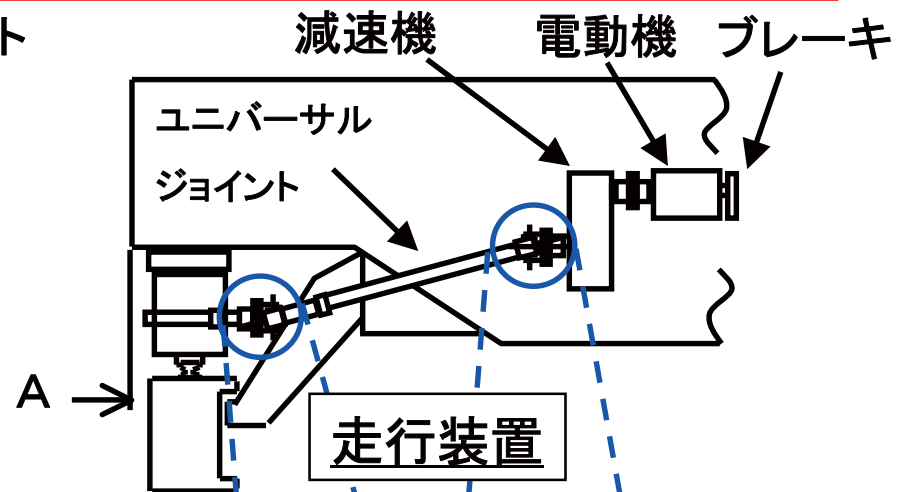
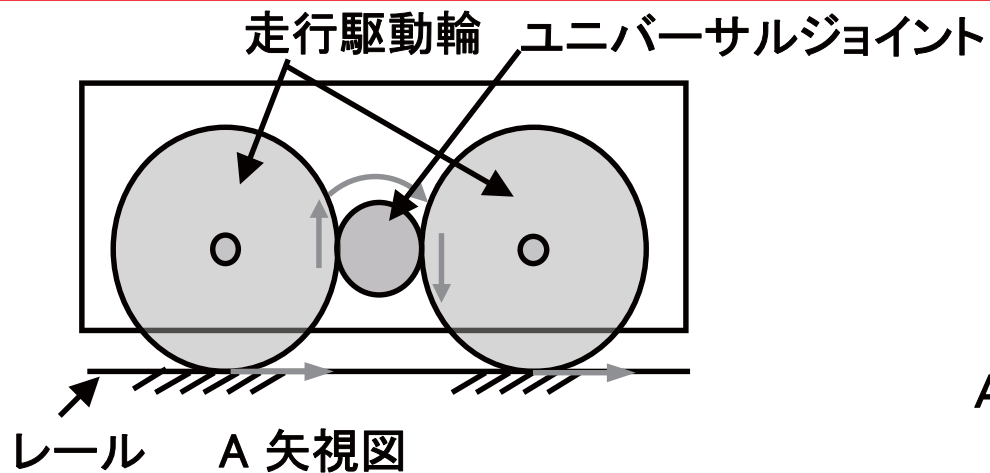
ユニバーサルジョイント	クロスピン	状態
北側	駆動輪側	×
	電動機側	○*
南側	駆動輪側	×
	電動機側	×

○ : 正常

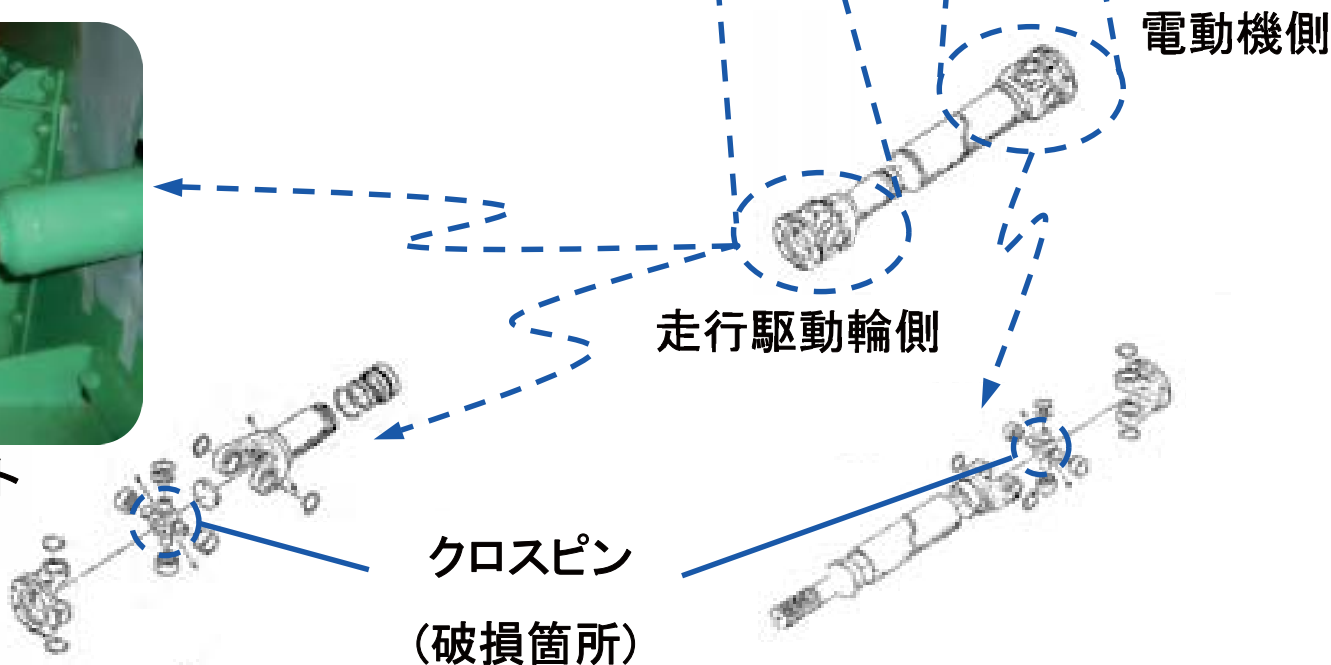
× : 異常

* 目視点検に加え、浸透探傷検査を行い、指示模様が無いことを確認した

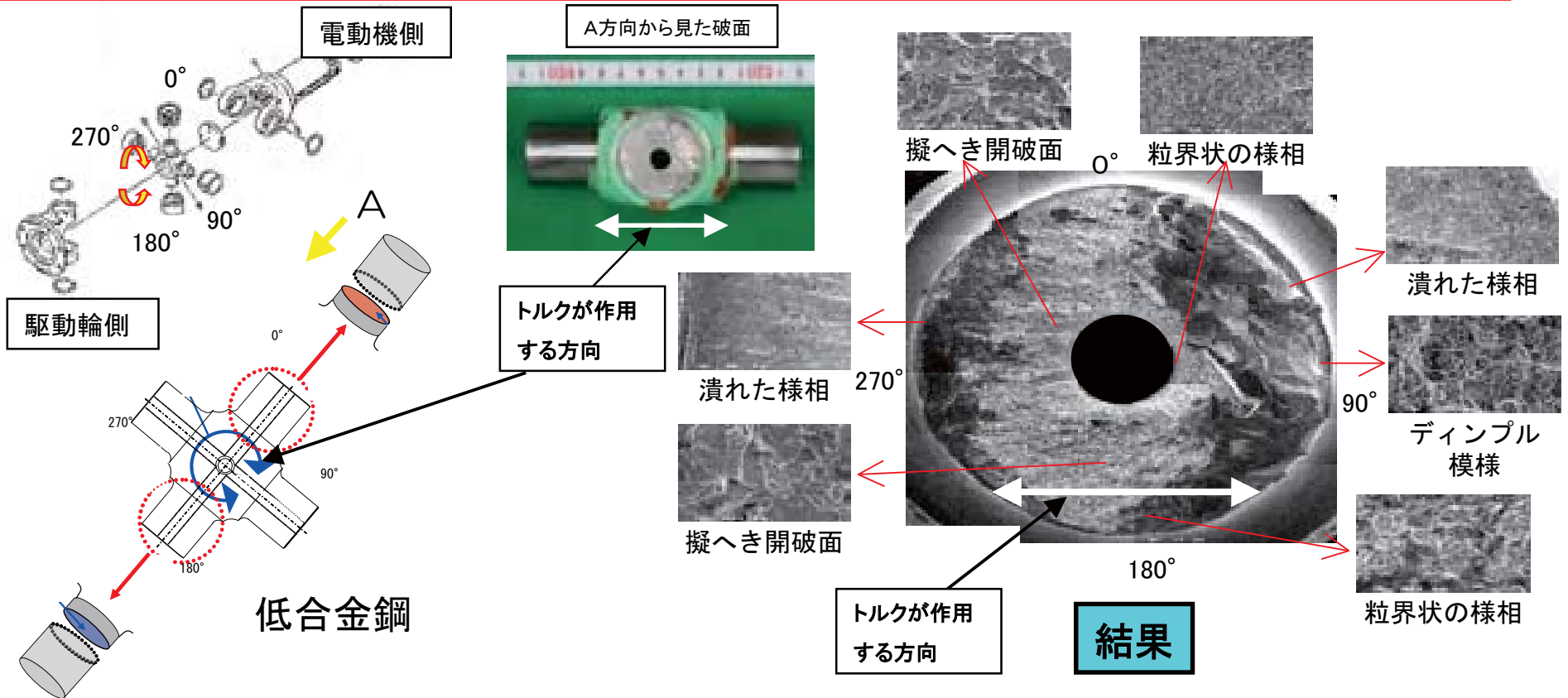
事象の概要 (2)



ユニバーサルジョイント
(南側駆動輪側)



調査結果



破断面同士が接触したことによるものと考えられる「潰れ」が多いが、破面の大半は若干の延性破面が混在した擬へき開破面*1であった。

また、延性破断の様相を示すディンプル*2模様が認められた。これらにより今回の破断はいずれも大きな荷重がかかったことによるものと判断される。

*1：擬へき開破面：若干の塑性変形を伴った過大荷重等により脆性的に破壊が生じた際に見られる破面形態。

*2：ディンプル：多数の凹みが観察される、延性破面のミクロ的特徴

推定原因

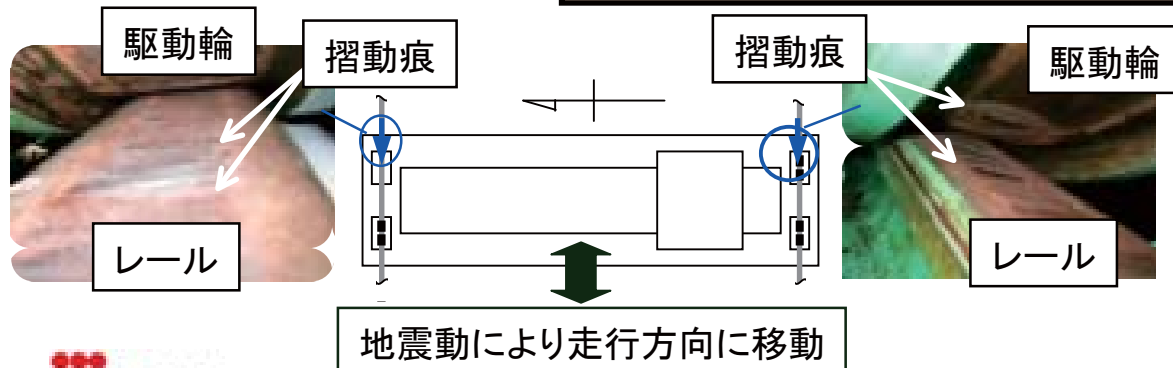
地震発生時、原子炉建屋天井クレーンは停止している状態であり、走行駆動輪はブレーキ（電動機側に設置されている）が掛かっている状態であった。



地震動により、原子炉建屋天井クレーンの走行駆動輪にブレーキが掛かった状態で、強制的にクレーンの走行方向（東西方向）の力が発生した。

クレーンの走行方向（東西方向）の力により走行駆動輪に回転しようとする力が作用したが、電動機側の回転を阻止する力（ブレーキ）の相反する作用により、走行駆動輪と電動機の間位置するユニバーサルジョイントに過大なトルクが発生し、クロスピンが破損した。

走行駆動輪、レール



解析結果（6号機）

	6号機	
	北側駆動輪	南側駆動輪
クレーン自重[t]	310	
破断位置での発生応力[MPa]	<u>1,520</u>	<u>1,741</u>
損傷部材の引張強度[MPa] *	1,017	
材料引張強さ[MPa]（JIS）	930以上	

* 損傷した北側駆動輪のクロスピンから得られた試験片に対する引張試験により確認

解析により、破断位置において材料の強度を上回る応力が発生したことを確認

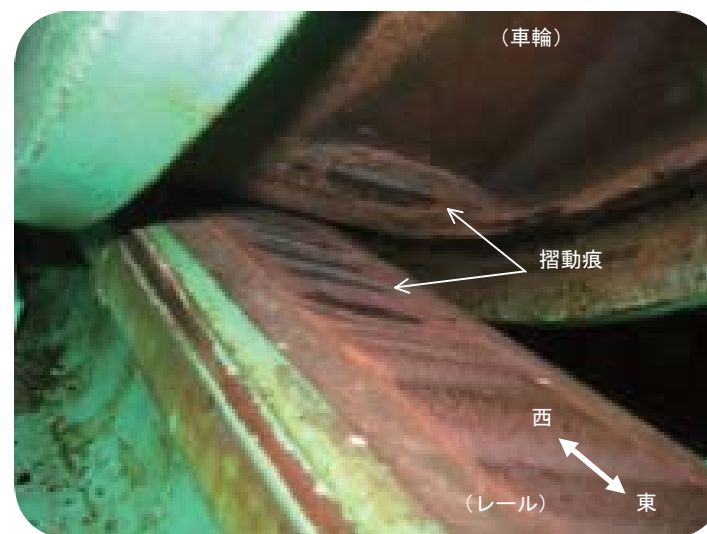
解析結果の評価（6号機）

■ 解析結果の評価

解析結果より、6号機の破断位置（ユニバーサルジョイント）において、引張り強さを上回る応力が発生しており、地震動による過大な荷重により損傷したことを示す解析結果となった。

■ 解析の検証

- 現場調査の結果、走行レールと走行駆動輪にクレーン自体が強制的に移動したと思われる摺動痕が約30cmに亘り確認されている。



南側走行駆動輪摺動痕

- 今回の解析結果では、想定移動距離が約50cmであり、実態と同程度の値となった。

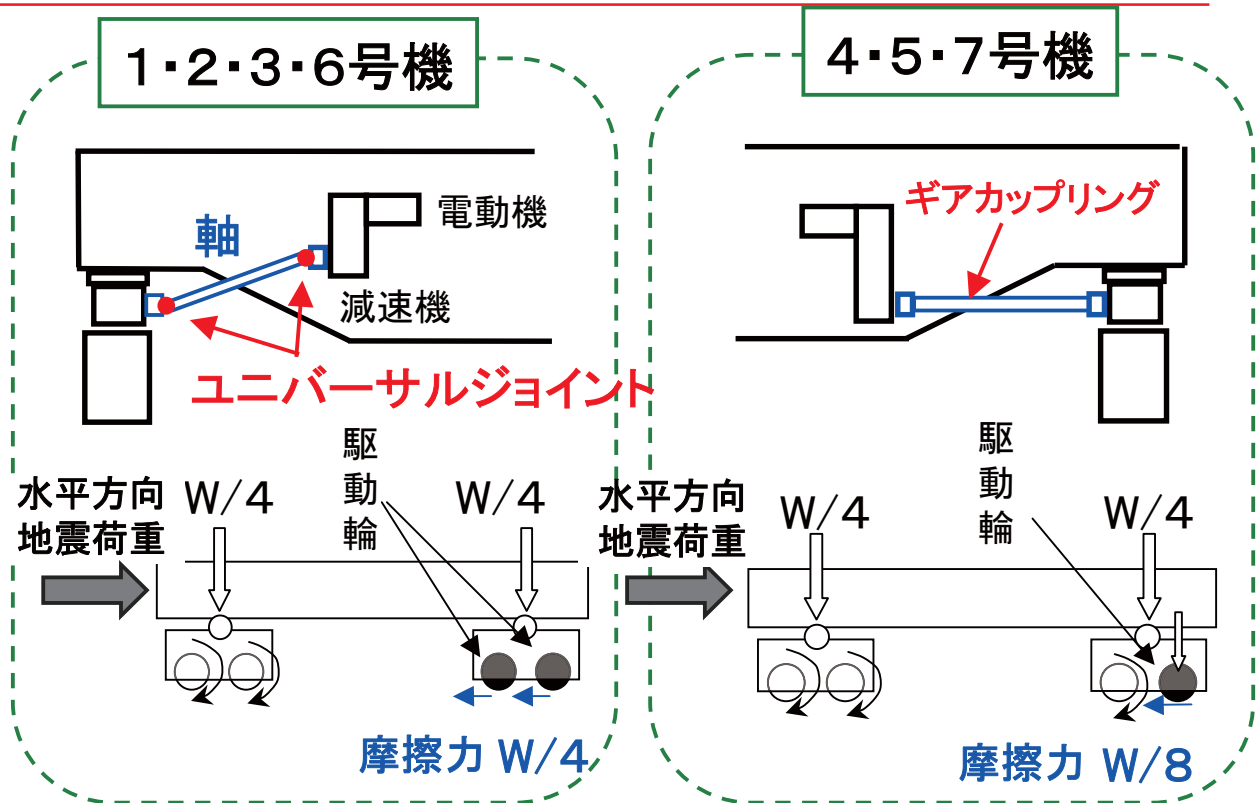
構造（他号機との比較）

接続部にユニバーサルジョイントを使用している

1・2・3・6号機は駆動側と車輪側の接続部に構造上応力が集中するユニバーサルジョイントを使用している。

1軸で2車輪を駆動している

2車輪を駆動させる1・2・3・6号機の軸は、1車輪を駆動させる4・5・7号機の軸に比べ、約2倍のトルクを受ける。



構造上の違いにより

- ・ 1・2・3・6号機はトルクに対して比較的弱い部位（ユニバーサルジョイント）が存在する
- ・ 1・2・3・6号機の車輪駆動軸は4・5・7号機よりも強いトルクを受ける

解析結果（他号機との比較）

	6号機		1号機	2号機
	北側駆動輪	南側駆動輪	南側駆動輪 ^{*1}	北側駆動輪 ^{*1}
クレーン自重[t]	310		360	320
破断位置での発生応力[MPa]	<u>1,520</u>	<u>1,741</u>	910	862
損傷部材の引張強度[MPa] *2	1,017			
材料引張強さ[MPa] (JIS)	930以上			

* 1 発生応力が大きかった駆動輪側

* 2 損傷した北側駆動輪のクロスピンから得られた試験片に対する引張試験により確認

6号機のみ破断位置に材料の強度を上回る応力が発生するという解析結果が得られた

まとめ（1）

■原因

新潟県中越沖地震を受けて6号機の原子炉建屋クレーンユニバーサルジョイントが損傷した原因は以下の通りであることを確認した。

- 車輪にブレーキがかかった状態で走行方向の荷重がかかった。
- 上下方向の地震動により想定以上の摩擦力が働き、駆動軸に過剰なトルクが発生した。
- 構造上、1・2・3・6号機は4・5・7号機よりも駆動軸の発生トルクが大きくなり、6号機は1～3号機よりも上下方向の地震動が相対的に大きかったと考えられる。

まとめ（2）

■耐震設計技術指針との適合性

原子力発電所耐震設計技術指針（JEAC4601・補-1984）における、原子炉建屋クレーンの設計要求は以下の2点であり、本事象は、設計要求を逸脱する事象ではないことを確認した。

- 耐震Bクラス設計である。
- クレーンが基準地震動 S_1 （300ガル）に対し落下しない。

■対策

- ユニバーサルジョイント部については、走行機能を目的としたものであり、ノンクラスで設計されている。
- 当該部が損傷することで、発生応力が緩和され減速機や電動機等の重要部位の損傷が回避された側面がある。
- 当該部損傷により、構造的に部品の落下する可能性はほぼ無いと考えられる。



早期復旧の観点から、当該部品の予備品を確保する