

# 的山大島風力発電所

台風9号・10号によるブレード折損事故に関する報告（第4報）

2022年3月29日

株式会社の山大島風力発電所

# 目次

・ 風力発電所概要	・・・・・・・・ P. 3
・ 事故概要	・・・・・・・・ P. 4
・ 第28回 新エネWG時 質問事項回答	・・・・・・・・ P. 5
・ 再発防止対策 前回の報告内容との比較	・・・・・・・・ P. 11
・ 再発防止対策	・・・・・・・・ P. 12
・ 前回報告資料の修正	・・・・・・・・ P. 13

p.11 : 事故原因究明・再発防止対策検討フロー

⇒フロー図に点検補修記録のボックスを追加

p.14 : 事故発生時風車挙動 (16号機)

⇒タイトルと内容の不一致 (風車挙動の項目に原因の記述あり)

p.26 : 事故原因の推定 (8号機、13号機)

⇒点検遅延の内容について、記述を一部修正

p.30 : 事故原因まとめ

⇒原因のまとめとして点検遅延の内容を追記

追加 : 点検補修記録の確認

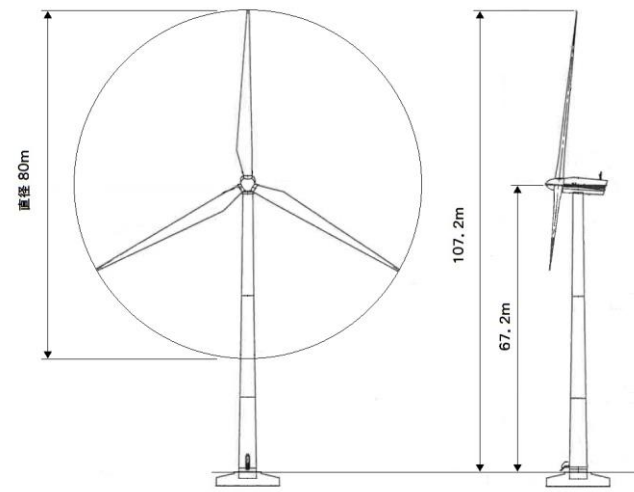
⇒点検補修記録の結果の概要を示したページを追加

# 風力発電所の概要

事業者名	株式会社の山大島(あづちおおしま)風力発電所
出資比率	ミツウロコグリーンエネルギー:75% 平戸市:25%
発電所名	的山大島風力発電所
所在地	長崎県平戸市大島村前平
定格出力	32,000kW (2,000kW×16基)
運転開始	2007年3月
風車メーカー	Vestas Wind Systems A/S
機種	V80-2.0 定格出力:2,000kW
風車クラス	IECクラス:1A 設計風速50m/s(10min.ave)
ローター直径	:80m ナセル本体:地上より67.2m
カットイン	:4m/s 定格風速:15m/s カットアウト:25m/s



※Vestas仕様書による



ブレード長さ:39m

重量:6,500kg / 1枚

的山大島風力発電所 位置地図



# 事故の概要

## 台風9号時

2020年9月2日夕方から9月3日早朝にかけ、台風9号が的山大島の西側を通過した。このとき、発電所の風車全16機のうち8号風車、13号風車、16号風車の3機のブレードが破損した。

風車は台風通過前に風速25m/sのカットアウト風速を超えたため、保安停止中の7号風車を除き、全機自動でPause状態に移行していた。

Pause状態：風車は発電停止し、ブレードピッチはフェザリング状態で、ヨーは自動追従となります



8号風車:ブレード3枚破損



13号風車:ブレード1枚破損

## 台風10号時

台風9号通過から中2日、2020年9月6日夕方から9月7日早朝にかけ、台風10号が的山大島の西側を通過した。このとき、7号風車のブレードが破損した。

台風9号通過時に発生した故障により、事故機である4機については、ヨーイングに異常が生じており、風向の変化に追従できない状態となっていた。



16号風車:ブレード2枚破損



7号風車:ブレード1枚破損

## 第28回 新エネWG時 質問事項回答

Q1：ギアボックス故障時の対応として、ローターは遊転／ロック状態どちらが正しい対応なのか。

また、ローターロックを必要としない軽微な故障についての判断基準を示していただきたい。

A1：風速25m/sを超える強風時の対応として、ギアボックスが故障していない場合はローターロックをかけず、

Pauseモード(ヨーイングが可能な状態)でローターを遊転させることが基本的な対応です。

ギアボックスの故障時のローターロック実施の判断基準としては、ローター遊転によりギアボックス損傷の進行が予想されるか否かを、Vestas社技術員により状態を確認したうえでの総合的な判断となります。(メーカー回答)

Vestas社ではギアボックスの損傷について、5段階の損傷カテゴリー区分を行っています。

このカテゴリー区分の詳細については社外秘であり、事業者を含め、メーカーとして非開示情報となっております。軽微な損傷カテゴリーについてはローター遊転可能と判断され、重篤な損傷カテゴリーは運転停止の判断となり、技術員の状況判断により故障の拡大を防ぐため、ローターロックを行う場合があります。

その場合は、以下の追加措置(オプション)を技術員の判断で施します。(メーカー回答)

- ① フィッシュネットの使用
- ② 追加のメカニカルローターロック装置の使用

# 第28回 新エネWG時 質問事項回答

## 追加措置(オプション)

- ① フィッシュネット：強風時のブレードの振動を抑える効果があり、ブレードの損傷リスクが軽減される。
- ② 追加のメカニカルローターロック装置：既存のローターロックに追加する形で取付を行う。



① フィッシュネット



② 追加メカニカルローターロック装置

Vestas社の回答より、ギアボックス故障時については事業者のみの判断とせず、Vestas社技術員による現地での状態確認を依頼し、その結果判断をもって、ローターロックの使用、及び追加措置を実施することといたします。

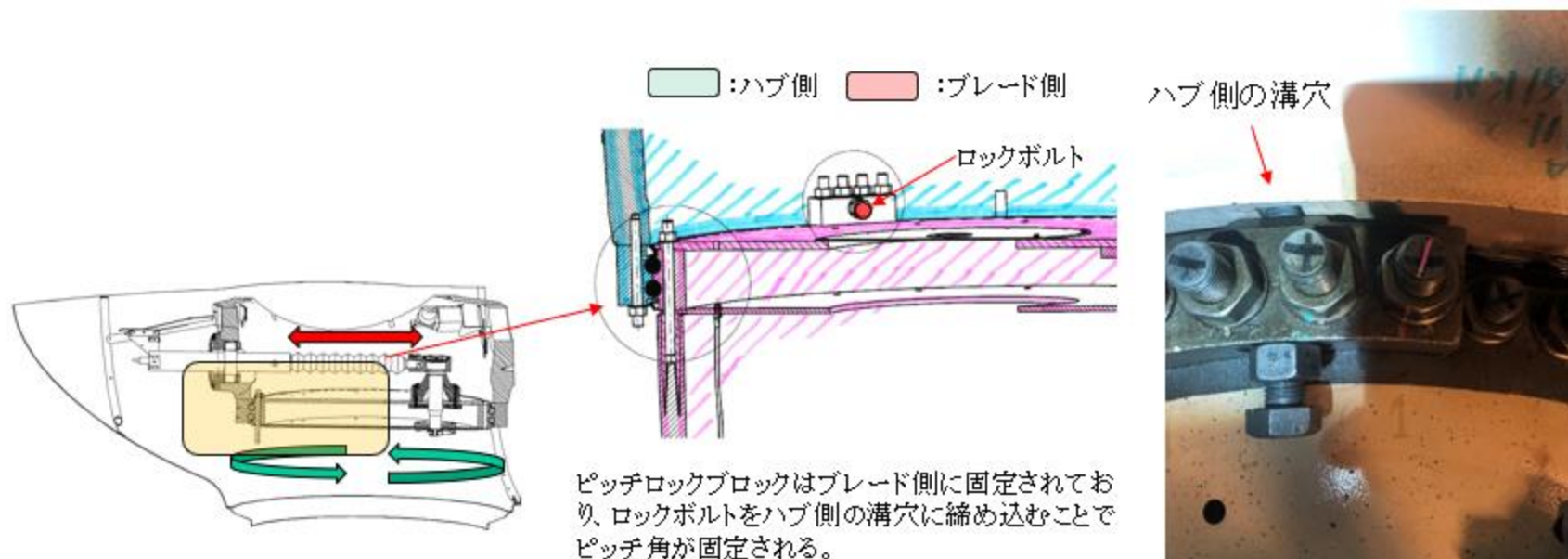
# 第28回 新エネWG時 質問事項回答

Q2：暴風時にブレードピッチロックをかける必要はあるのか。

A2：風車が健全な状態においては、ピッチシリンダの強度は十分確保されており、暴風時でもピッチロックは必要ありません。(メーカー回答)

上記Vestas社の回答より、安全対策として前回ご報告した台風接近時のピッチロックボルト使用については取りやめとします。

※前回は台風の進路・規模などに応じて基準を設け、台風接近が予想される場合にピッチロックボルトによるブレードピッチ角の固定を安全対策として実施することを検討していた。



## 第28回 新エネWG時 質問事項回答

Q3：台風時停電することがあるが、その場合はどうなるのか。

九州電力の連系点から発電所までの送電網が地中埋設配線、及び海底ケーブルによる専用線であり、電柱倒壊、倒木や飛来物による送電線切断等の影響がなく、運用開始以降15年間、台風時にこの専用線が停電したことは一度もないとの説明でしたが、15年間のデータから台風による停電が発生しないという保証にならないと思います。

A3：台風時に停電した場合は、風力発電設備は制御を失います。しかしながら、先の新エネWGでもご説明させていただいた通り、当該風力発電設備については2007年2月の運転開始から15年間、台風での停電は発生しておりません。

この点について、連系点である田平変電所に接続される吉井-平戸線の停電履歴を九州電力送配電(株)に開示いただき、今後の風車運転期間において停電が発生する確率を算出し、土木学会の設計指針である、50年に1度の割合で発生する荷重レベルと、設備の供用期間20年の間で、その荷重レベルを超える確率(超過確率)との比較を行いました。

尚、超過確率、及び残りの運転期間である5年間での停電発生確率については、次頁の計算により算出しました。



# 第28回 新エネWG時 質問事項回答

## 風力発電設備支持物の荷重レベルについて

土木学会：風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2010年版]によると、設計供用期間内における風力発電設備支持物の使用性と安全性を確保するために、適切な荷重レベルを設定する必要がある。本指針では、稀に発生する暴風、地震、積雪に対しては、50年に1度の割合で発生する荷重レベルとした。風力発電設備支持物の供用期間20年の間でこれを超える確率は33.2%であり、この荷重レベルは設計供用期間内の建造物の使用性等を適切なコストで確保することを目的としている。稀に発生する暴風、積雪の荷重レベルは、建築基準法および国際規格IEC61400-1の荷重レベルと完全に一致する。

上述の通り、風車は50年に1度発生する荷重レベルに対して設計されております。供用期間である20年の間にこの荷重レベルを超える確率は、以下の計算式により求められます。

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{50}\right)^{20} \cong 0.332 \Rightarrow 33.2\% \cdots \textcircled{1}$$

## 停電発生確率について

当該風力発電設備については、台風による停電が過去15年間に一度も発生していないことから、停電が15年に1度の割合で発生すると仮定した場合、残り運転期間である5年間での停電発生確率は以下の計算式により求められます。

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{15}\right)^5 \cong 0.292 \Rightarrow 29.2\%$$

この値は①で示された超過確率の33.2%よりも小さい値であり、残りの運転期間5年間で停電発生により、この荷重レベルを超過する確率はこの値を下回ることを示しております。

## 第28回 新エネWG時 質問事項回答

九州電力送配電(株)の開示情報より、この吉井-平戸線においては、停電発生に関して記録の残る1994年以降、現在まで28年間、台風による停電は発生しておりません。この年数で停電発生の確率を計算すると16.6%となり、停電発生の確率がより低下する結果となります。

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{28}\right)^5 \cong 0.166 \Rightarrow 16.6\%$$

台風による停電が15年に一度発生する事象と仮定した場合、運転終了までの残り5年間に停電が発生する確率は29.2%となり、土木学会の指針での風車設計の荷重レベルに対する超過確率である33.2%を下回っていることを示しております。

連系送電線及びサイト専用線の停電確率として、当該設備の残り運転期間である5年間での停電発生の確率が土木学会の指針で示されている超過確率より低いことから、再発防止策としてのバックアップ電源導入については見合わせることにしました。

### 参考文献

- ・土木学会：風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2010年版]
- ・International Electrotechnical Commission: IEC 61400-1 - Ed. 3.0 Wind turbines - Part 1: Design requirements, 2005.
- ・高橋 徹, 三橋 博三, 和泉 正哲：設計用再現期間と再現期間換算係数 日本雪工学会誌 Vol.9 No.1, 11-14, Jan. 1993

# 再発防止対策 前回の報告内容との比較

前回審議の際に確認事項となった、ギアボックス故障時におけるローターロック使用の可否、及び台風接近時のブレードピッチロック使用について、メーカーに確認を行ったうえで、再発防止策の変更を行った。

## 再発防止対策

### 【前回報告内容】

原因(2) 強風下でローターブレーキをかけていたことによる制御線破損(7号機)

対策(2) ギアボックス保護よりもローター遊転を優先させる

ギアボックス不具合の対応として、強風が予想される場合はギアボックス保護よりもローター遊転させる対応を発電所運転管理マニュアルに盛り込む。

### 【今回変更の再発防止策】

原因 ③ ギアボックス故障時の事業者判断によるローターロック・ブレーキ使用での制御線破損(7号機)

対策 ギアボックス故障時、メーカー技術員による現地確認を行い適切な対応をとる。

ローターロックを使用する必要がある重度の故障の場合については、事前にメーカーに相談したうえで、追加オプション等の使用によるギアボックス保護を実施する。

## 安全対策

### 【前回報告内容】

台風時のピッチシリンダ破損を防ぐ目的でのピッチロックボルト使用によるブレードピッチ角の固定  
台風の進路・規模等の基準を定め、条件に合致した場合はピッチロックボルトを使用する。

### 【変更後の安全対策】

メーカーに確認した結果、風車が健全な状態においてはピッチシリンダの強度は十分保たれており、ピッチロックは不要とのことから、安全対策としての台風接近時のピッチロックについては取りやめとする。

# 再発防止対策

事故に至る過程は各号機により異なりますが、ブレードの破損については、**ヨーイング機能に異常**が生じたことが主原因であることから、強風下でも **ヨーイング機能を維持** することが事故の再発を防ぐこととなるため、下記の対策を全号機に実施します。

## 機械的な不備

原因 ① 計測範囲を超えた風速による風速計エラー発生（8号機、13号機）

対策 耐風性の高い風向風速計への変更実施

現状の計測範囲：0-50m/s の風向風速計を、0-75m/sの機種に変更する。

風速計エラー発生による**ヨーイングの異常発生を防ぐ**ため、耐風性の高い風向風速計への交換を行う。

## 運用上の不備

原因 ② 交換用予備部品（ヨーウォームギアクラッチ板）在庫切れ、及び点検時の対応不備（16号機）

対策 交換用予備部品の適正在庫確保

不具合発生時に速やかに補修を行えるよう、交換用予備部品の在庫確保拡充を図る。

具体的な在庫数量としては、部品在庫切れを回避するため、風車全機分の50%（8機分）相当のクラッチ板を島内倉庫に確保し、使用後は速やかに在庫の補充を行う。

原因 ③ ギアボックス故障時の事業者判断によるローターロック・ブレーキ使用での制御線破損（7号機）

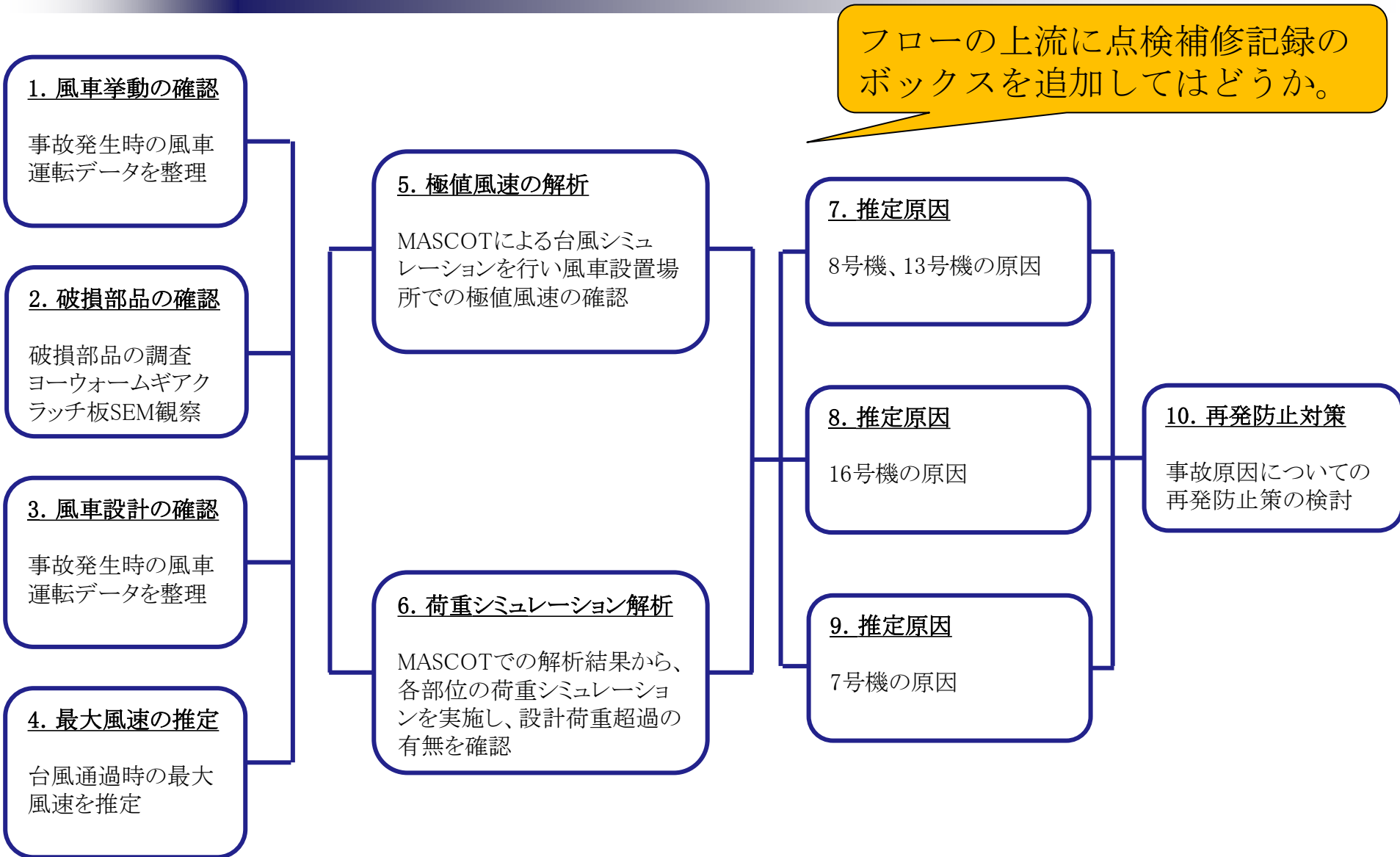
対策 ギアボックス故障時、メーカー技術員による現地確認を行い適切な対応をとる

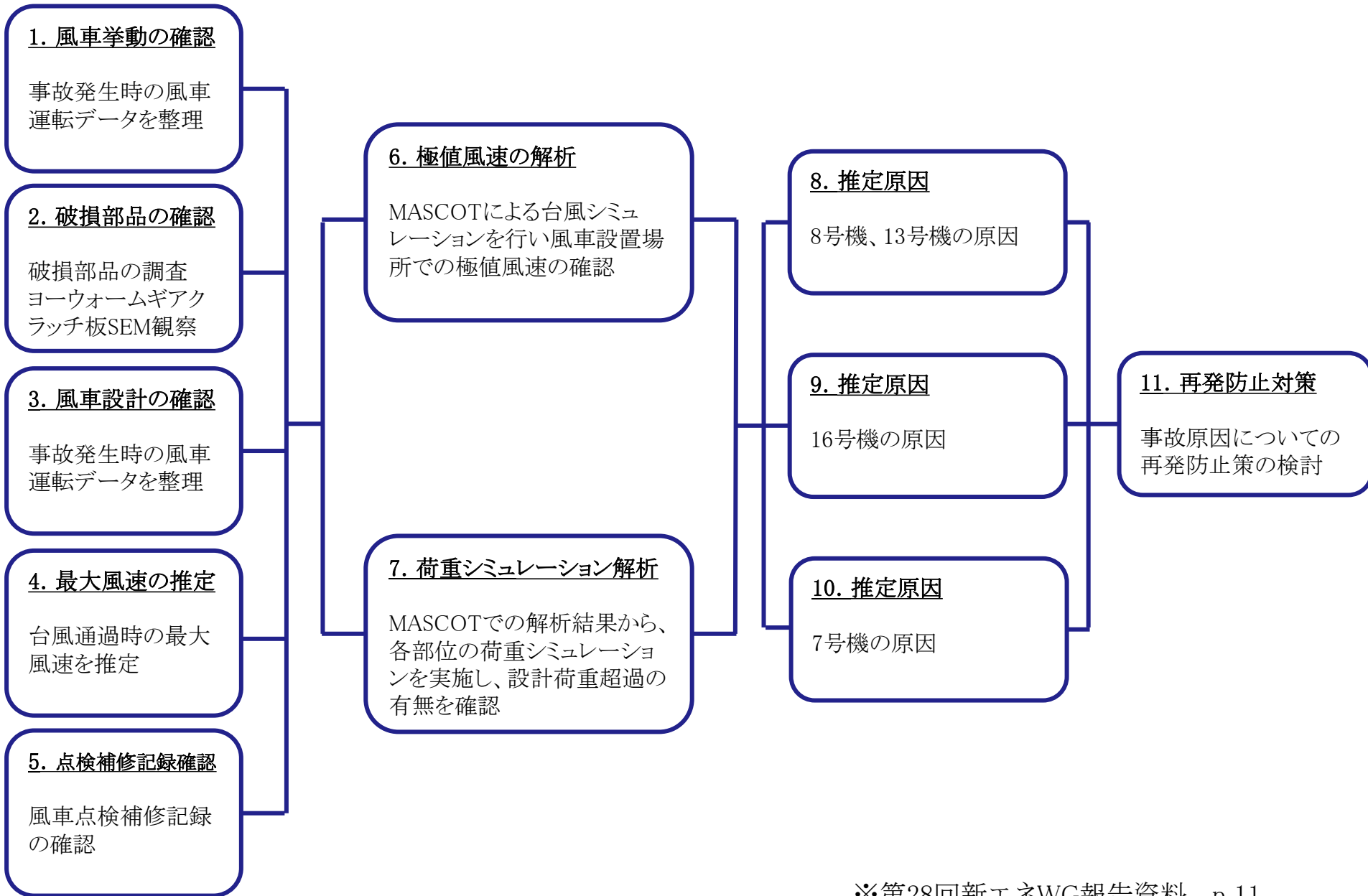
ローターロックを使用する必要がある重度の故障の場合については、事前に風車メーカーに相談したうえで、追加オプション等の使用によるギアボックス保護を実施する。

# 前回報告資料の修正

- ・ p.11 : 事故原因究明・再発防止対策検討フロー  
⇒フロー図に点検補修記録のボックスを追加
- ・ p.14 : 事故発生時風車挙動(16号機)  
⇒タイトルと内容の不一致(風車挙動の項目に原因の記述あり)
- ・ p.26 : 事故原因の推定(8号機、13号機)  
⇒点検遅延の内容について、記述を一部修正
- ・ p.30 : 事故原因まとめ  
⇒原因のまとめとして点検遅延の内容を追記
- ・ 追加 : 点検補修記録の確認  
⇒点検補修記録の結果の概要を示したページを追加

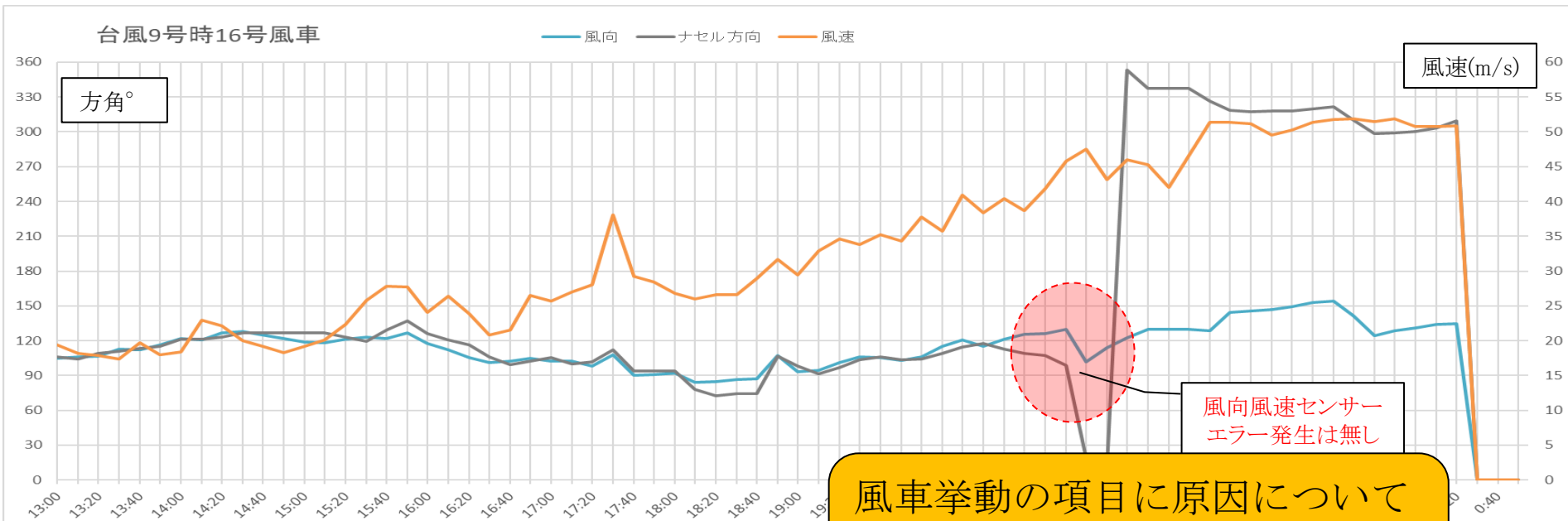
※ページ右上に【変更前】【変更後】と表記





# 事故発生時風車挙動 (16号機)

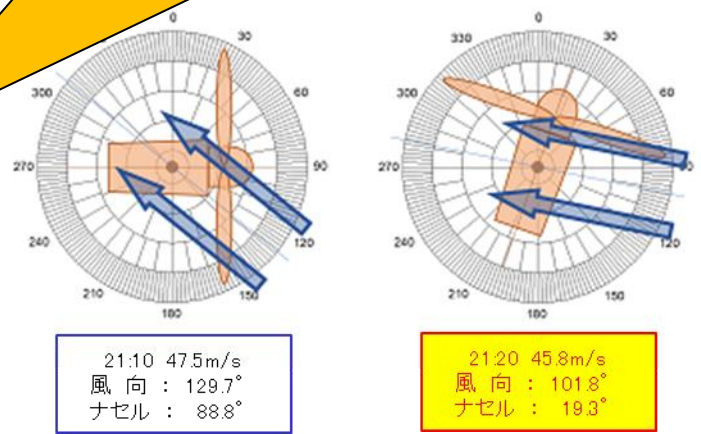
【変更前】



16号風車では、風向風速計のエラーが発生していない

風車挙動の項目に原因についての記述があり、タイトルと内容の不一致がある。

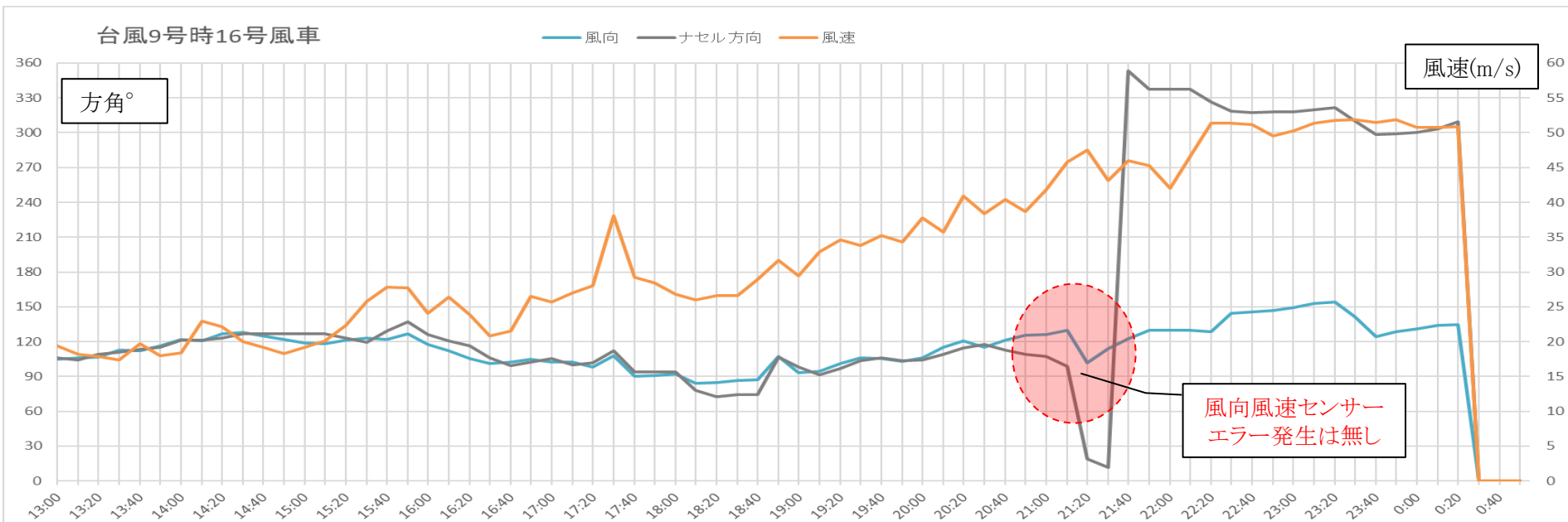
16号機については8号機、13号機と異なり、風向風速計のエラーは発生していないが、風速45m/sを超える赤網掛部分で、強風に押されナセル方向が急変したことで、規定値以上のトルク値での締付けを行ったヨーウォームギアクラッチ板にダメージを受け、以降のナセル追従動作に支障をきたす要因となったと考える。





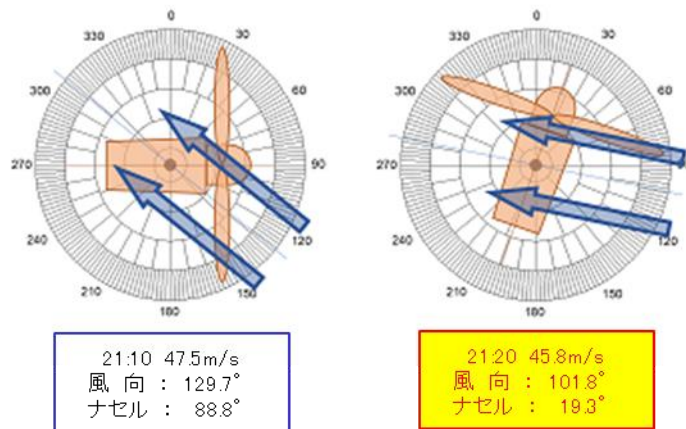
# 事故発生時風車挙動 (16号機)

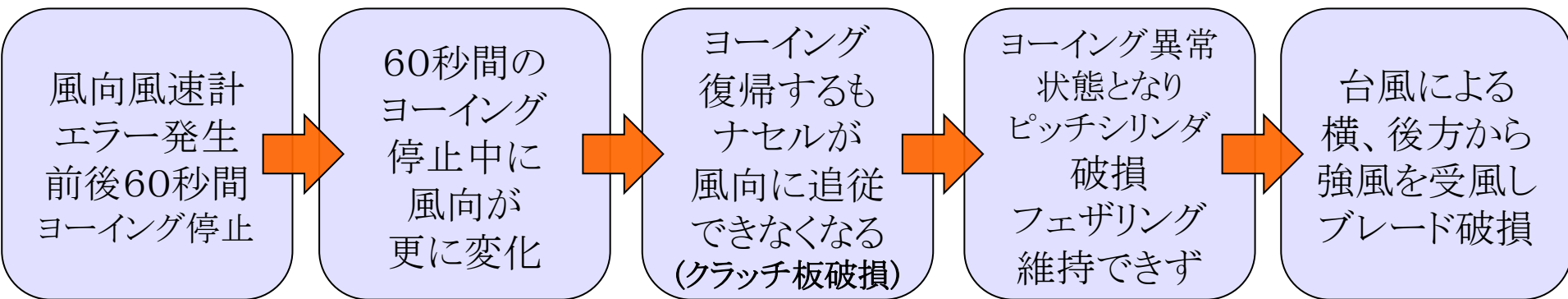
【変更後】



16号風車では、風向風速計のエラーが発生していない状況でナセル追従動作に差異が発生。

16号機については8号機、13号機と異なり、風向風速計のエラーは発生していないが、風速45m/sを超える赤網掛部分で、強風に押されナセル方向が急変した。

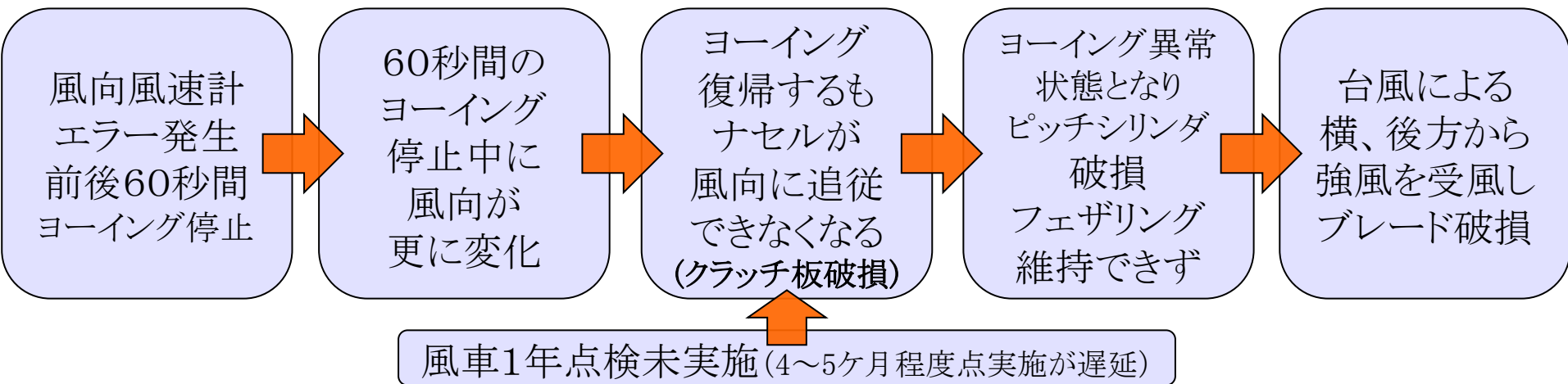




## 8号機、13号機の事故原因について

この2機について、ヨーイング機能に異常が生じた原因として、計測範囲を超えた風速による、風向風速計のエラー発生が挙げられる。点検遅延の記述がなく、風向風速計だけが原因と読めてしまう。瞬間的に強い力が加わったことでクラッチ板が破損したものと推測する。クラッチ板については、前年度の1年点検実施から1年以上点検が行われておらず、メーカーが指定する1年毎の定期点検が適切に実施されていない状態であった。

ヨーイングに異常を生じさせた原因は、計測範囲を超えた風速によるエラーの発生、点検が適切に行われていないために生じたクラッチ板の破損であったと推測する。



## 8号機、13号機の事故原因について

この2機について、ヨーイング機能に異常を生じさせた原因として、計測範囲を超えた風速による、風向風速計のエラー発生が挙げられる。

風向風速計のエラーにより、風向とナセル方向の差異が拡大し、その状態で瞬間的に強い力が加わったことでクラッチ板が破損したものと推測する。クラッチ板については、前年度の1年点検実施から1年以上点検が行われておらず、メーカーが指定する1年毎の定期点検が適切に実施されていない状態であった。

ヨーイングに異常を生じさせた原因は、計測範囲を超えた風速によるエラーの発生、点検が適切に行われていないために生じたクラッチ板の破損であったと推測する。

事故の原因をまとめると、事故に至る過程は各号機  
**ヨーイング機能に異常**が生じたことだと考えられる。

点検遅延の記述がなく、風向風速計だけが原因と読めてしまう。

## 8号風車

1	風向風速計エラー発生によるヨーイング停止
2	ヨーイング停止中に風向の急激な変化
3	<b>ヨーイング機能に異常発生</b> (クラッチ板破損)
4	横～後方からの強風によりピッチシリンダ破損
5	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 13号風車

1	風向風速計エラー発生によるヨーイング停止
2	ヨーイング停止中に風向の急激な変化
3	<b>ヨーイング機能に異常発生</b> (クラッチ板破損)
4	横～後方からの強風によりピッチシリンダ破損
5	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 16号風車

1	点検時の調整で規定を超えた値での締付け実施
2	強風でナセルが押された際にクラッチ板破損
3	<b>ヨーイング機能に異常発生</b>
4	横～後方からの強風によりピッチシリンダ破損
5	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 7号風車

1	ギアボックス修理のためローターロック・ブレーキ状態
2	強風によりロックピン破損し、ローターが回転
3	ローター回転によりブレーキ部周辺が破損
4	ブレーキ部破損で制御系信号線損傷により <b>ヨーイング機能に異常発生</b> (風車制御コントローラダウン)
5	ヨーイング機能を失った状態で台風10号通過
6	横～後方からの強風によりブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

事故の原因をまとめると、事故に至る過程は各号機により異なるが、共通している点として**ヨーイング機能に異常**が生じたことだと考えられる。

## 8号風車

1	風向風速計エラー発生によるヨーイング停止
2	ヨーイング停止中に風向の急激な変化
3	風車1年点検未実施(4~5ヶ月程度遅延)
4	<b>ヨーイング機能に異常発生</b> (クラッチ板破損)
5	横~後方からの強風によりピッチシリンダ破損
6	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 13号風車

1	風向風速計エラー発生によるヨーイング停止
2	ヨーイング停止中に風向の急激な変化
3	風車1年点検未実施(4~5ヶ月程度遅延)
4	<b>ヨーイング機能に異常発生</b> (クラッチ板破損)
5	横~後方からの強風によりピッチシリンダ破損
6	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 16号風車

1	点検時の調整で規定を超えた値での締付け実施
2	強風でナセルが押された際にクラッチ板破損
3	<b>ヨーイング機能に異常発生</b>
4	横~後方からの強風によりピッチシリンダ破損
5	フェザリング状態を維持できずブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

## 7号風車

1	ギアボックス故障のためローターロック・ブレーキ状態
2	強風によりロックピン破損し、ローターが回転
3	ローター回転によりブレーキ部周辺が破損
4	ブレーキ部破損で制御系信号線損傷により <b>ヨーイング機能に異常発生</b> (風車制御コントローラダウン)
5	ヨーイング機能を失った状態で台風10号通過
6	横~後方からの強風によりブレード破損
【原因】 ヨーイング機能に異常が生じたこと	

点検補修記録の確認について別途ページを設け、事故原因の推定につなげてはどうか。

### 風車1年点検の実施時期について

風車1年点検では、今回破損しているヨーウォームギアクラッチ板のトルク値管理による締付調整が項目に含まれており、調整範囲を逸脱する場合は部品交換となる。

事故機を含む当該発電所の風車1年点検が、例年は4～5月頃を実施していたが、新型コロナウイルスの影響により2020年9月の時点で未実施の状態であった。前回の1年点検は2019年4～5月に実施しており、メーカーの推奨である1年毎の点検時期を4～5ヶ月程度超過した状態であった。

### 16号機のヨーウォームギアクラッチ板締付調整について

16号機については、2020年8月に行った月次点検において、ヨーイング時にナセルの滑りがあった。このナセルの滑りはヨーウォームギアクラッチ板の異常により生じていたが、当該部品の在庫を切らしていたため、一時的な対応として規定値を超えるトルク値での締付け調整を行い、クラッチ板の滑りを生じさせない状態としていたことが担当所員への聞き取りにより分かった。

この16号機についても、上述の風車1年点検が未実施状態であった。