

# 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

2020年11月4日

株式会社の山大島風力発電所

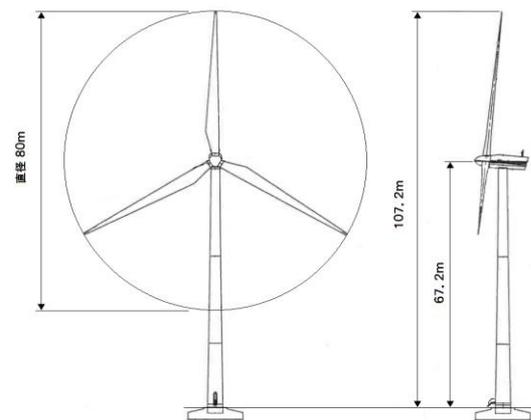
# 目次

|                           |       |         |         |         |         |     |
|---------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|-----|
| ・ 風力発電所の概要                | ..... | P. 3    |         |         |         |     |
| ・ ブレード折損事故の概要(台風9号通過時)    | ..... | P. 4    |         |         |         |     |
| ・ ブレード折損事故の概要(台風10号通過時)   | ..... | P. 5    |         |         |         |     |
| ・ 台風通過時の平均風速/最大瞬間風速       | ..... | P. 6    |         |         |         |     |
| ・ 台風9号(MAYSACK:メイサーク)の概要  | ..... | P. 7    |         |         |         |     |
| ・ 台風10号(HAISHEN:ハイシェン)の概要 | ..... | P. 8    |         |         |         |     |
| ・ ブレード折損風車状況(台風9号通過時)     | ..... | P. 9    |         |         |         |     |
| ・ ブレード折損風車状況(台風10号通過時)    | ..... | P. 10   |         |         |         |     |
|                           |       |         | 8号機     | 13号機    | 16号機    | 7号機 |
| ・ ブレード折損状況の調査             | ..... | ・ P. 11 | ・ P. 19 | ・ P. 27 | ・ P. 34 |     |
| ・ ナセル内損傷状況の概要             | ..... | ・ P. 13 | ・ P. 21 | ・ P. 29 | ・ P. 36 |     |
| ・ ブレード飛散状況の調査             | ..... | ・ P. 15 | ・ P. 22 | ・ P. 30 | ・ P. 37 |     |
| ・ 計測データ分析                 | ..... | ・ P. 16 | ・ P. 23 | ・ P. 31 | ・ P. 38 |     |
| ・ ブレード折損に至る推定シナリオ         | ..... | ・ P. 18 | ・ P. 25 | ・ P. 33 | ・ P. 40 |     |
| ・ 事故原因分析                  | ..... | P. 42   |         |         |         |     |
| ・ 的山大島風力発電所における点検・検査実施状況  | ..... | P. 44   |         |         |         |     |

# 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 設計最大風速50m/s(10min Max) |
| 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 全景

的山大島風力発電所 位置地図



# ブレード折損事故の概要(台風9号通過時)

2020年9月2日(水)～時系列

|                |   |                    |
|----------------|---|--------------------|
| 9/2 17:00頃～    | 強風等により、稼働中の風車順次自動停止(Pause状態) 平均風速25m/sを超え始める                          |                    |
| 20:33          | 稼働中の全風車自動停止(Pause状態)  | 平均風速:10分平均値        |
| 22:10          | サイト内で平均風速:40m/sを超える風車が観測される   |                    |
| 23:00          | サイト内で平均風速:45m/sを超える風車が観測される   | ※瞬時値として記録されたうちの最大値 |
| 23:07:47       | 13号風車:Low oil-level hydraulic エラー発生により Emergency(緊急停止) ⇒ ピッチシリンダ破損と推測 |                    |
| 23:20          | サイト内で51.9m/s <sup>※</sup> の最大瞬間風速が観測される (サイト内16機中15機で最大瞬間風速50m/s超)    |                    |
| 23:22:12       | 16号風車:Pitch dev.エラー発生により Stop(停止) ⇒ ピッチシリンダ破損と推測                      |                    |
| 23:35:47       | 16号風車:Pitch too low:エラー発生により Emergency(緊急停止) ⇒ ピッチシリンダ破損と推測           |                    |
| 23:50          | 8号風車で最大瞬間風速:51.8m/s <sup>※</sup> を記録 (10分平均値での最大風速は48.8m/sを記録)        |                    |
| 22:30 ~ 23:50頃 | 1回目の暴風雨警戒巡視実施(ブレード異常は見受けられず)  |                    |
| 23:58:07       | 8号風車:Pitch dev.エラー発生により Stop(停止) ⇒ ピッチシリンダ破損と推測                       |                    |
| 9/3 00:15頃～    | SCADA(遠隔監視装置)にて運転状況が確認できない風車があるため2回目の巡視を実施                            |                    |
| 00:56          | 2回目の巡視時に 8号機 風車設備のブレード破損を確認(3枚破損)                                     | 事故機で観測された風速データ     |
| 03:47          | 13号機 風車設備のブレード破損を確認(1枚破損)   |                    |
| 早朝より           | 台風通過後の特別巡視点検を実施   |                    |
| 14:00          | 16号機 風車設備のブレード破損を確認(2枚破損)   |                    |
| 9/5 14:00頃     | 全号機のブレード目視点検完了(他13機のブレードに異常なし)  |                    |

| (m/s) | 10分平均 | 最大瞬間 |
|-------|-------|------|
| 8号機   | 48.8  | 51.8 |
| 13号機  | 45.0  | 51.9 |
| 16号機  | 43.8  | 51.9 |

**破損したブレードの飛散による人的被害・家屋等への被害は見受けられず**

00:56の事故発生を確認後、二次被害防止のため、当該風車アクセス用の管理道路入口の立入禁止措置実施  
 風車周辺の人的・物的被害状況の確認を行い、直後の被害が無いことを確認し、他号機の点検を開始  
 同時に、警察・消防・市役所、及び電力会社への事故発生の報告実施

# ブレード折損事故の概要(台風10号通過時)

2020年9月3日(木)～時系列

台風9号通過時の事故発生後、応急対策として以下を実施

- ・地元関係各署への連絡、立入禁止措置強化・注意看板設置
- ・九州産業保安監督部への事故速報提出
- ・ロープワークによる破損ブレード除去(⇒作業員の危険を伴うため中断)
- ・故障した風車の応急処置

故障した7, 8, 13, 16号機について、ヨ一制御可能な状態への復旧を試みたが7, 8号機は復旧できず。

手動による操作がなんとか可能であった13, 16号機について、主風向を南向きと想定しナセル方向を南向きに固定した

- ・ブレード飛散物回収

|                  |  |             |
|------------------|--|-------------|
| 9/6              | 9月2日午後の台風9号通過前より、全機保安停止中 (Pause状態、またはヨ一固定状態)     |             |
| 13:40            | サイト内で平均風速:20m/sを超える風車が観測される                      |             |
| 18:50            | サイト内で平均風速:25m/sを超える風車が観測される                      | 平均風速:10分平均値 |
| 23:10            | サイト内で平均風速:30m/sを超える風車が観測される                      |             |
| 9/7 04:00~06:00頃 | 的山大島付近を台風10号通過 (平均風速:40m/s超 / 最大瞬間風速:51.9m/sを観測) |             |
|                  | ⇒ この間に7号機のブレード破損に至ったと推測                          |             |
| 04:40            | サイト内で平均風速:45.2m/sを観測 (10分平均値:9号機観測データ)           |             |
| 07:50~           | 暴風雨の収まりを見て台風通過後の特別巡視を開始                          |             |
| 08:25            | 7号機風車設備のブレード破損を確認 (1枚破損)                         |             |
| 08:30            | 8号機:台風9号で破損していたブレードの先端がヤード内に落下しているのを確認           |             |
| 09:55            | 13号機:台風9号で破損していたブレードの破損個所の拡大を確認                  |             |
| 10:30            | 16号機:台風9号で破損していたブレードの破損個所の拡大を確認                  |             |

**破損したブレードの飛散による人的被害・家屋等への被害は見受けられず**

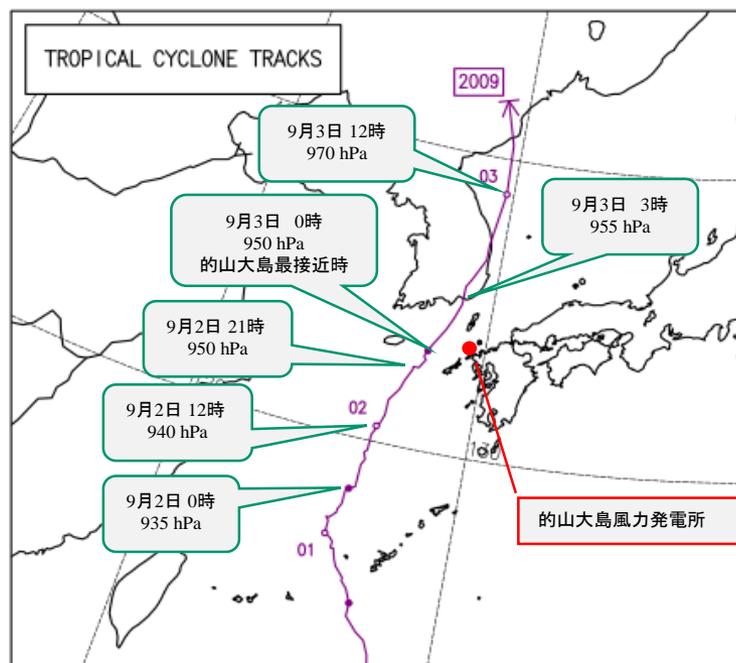
# 台風通過時の平均風速／最大瞬間風速

| 風速    | 台風9号通過時 |      | 台風10号通過時 |      |
|-------|---------|------|----------|------|
|       | 平均      | 最大   | 平均       | 最大   |
| (m/s) |         |      |          |      |
| 1号機   | 36.5    | 51.0 | 33.9     | 43.0 |
| 2号機   | 35.6    | 51.2 | 37.3     | 51.1 |
| 3号機   | 36.0    | 50.6 | 43.3     | 51.4 |
| 4号機   | 43.0    | 51.4 | 39.3     | 51.9 |
| 5号機   | 35.6    | 50.7 | 41.9     | 51.9 |
| 6号機   | 32.4    | 50.6 | 37.3     | 51.9 |
| 7号機   | 33.5    | 46.7 | —        | —    |
| 8号機   | 48.8    | 51.8 | —        | —    |

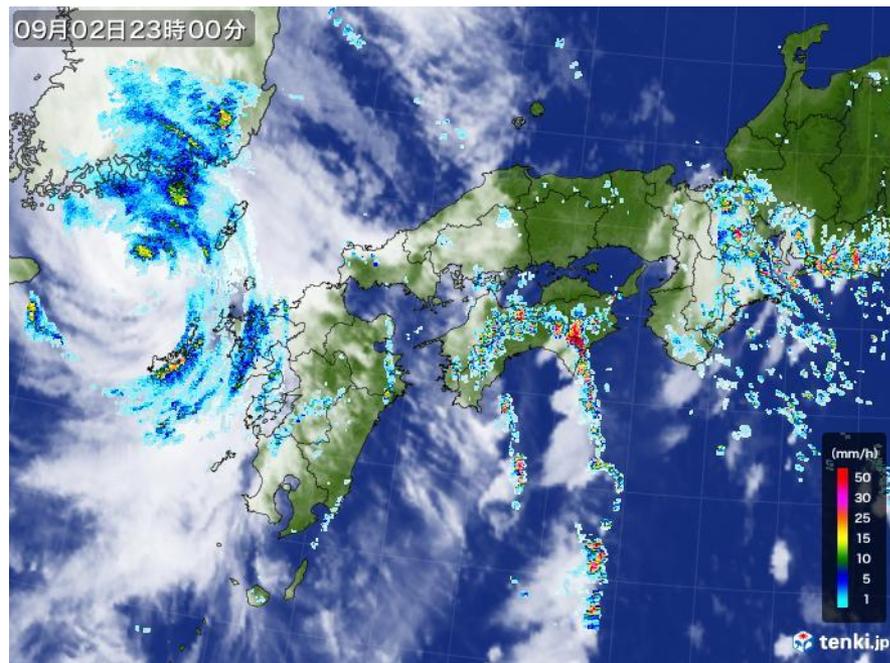
| 風速    | 台風9号通過時 |      | 台風10号通過時 |      |
|-------|---------|------|----------|------|
|       | 平均      | 最大   | 平均       | 最大   |
| (m/s) |         |      |          |      |
| 9号機   | 40.9    | 51.9 | 45.2     | 51.9 |
| 10号機  | 41.8    | 50.7 | 34.5     | 51.0 |
| 11号機  | 41.5    | 51.9 | 41.8     | 51.7 |
| 12号機  | 46.1    | 51.8 | 44.3     | 51.9 |
| 13号機  | 45.0    | 51.9 | —        | —    |
| 14号機  | 44.6    | 51.1 | 36.1     | 51.3 |
| 15号機  | 33.5    | 51.6 | 34.7     | 51.5 |
| 16号機  | 43.8    | 51.9 | —        | —    |

# 台風9号(MAYSAK:メイサーク)の概要

台風9号は、9月2日19時の推定位置で、長崎県五島市の西を北上し、長崎県、佐賀県などが暴風域に入ったとみられる。この台風により、五島空港で44.8m/s、長崎市野母崎で39.9m/sの最大瞬間風速を観測した。



気象庁データ参照: <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2009.pdf>



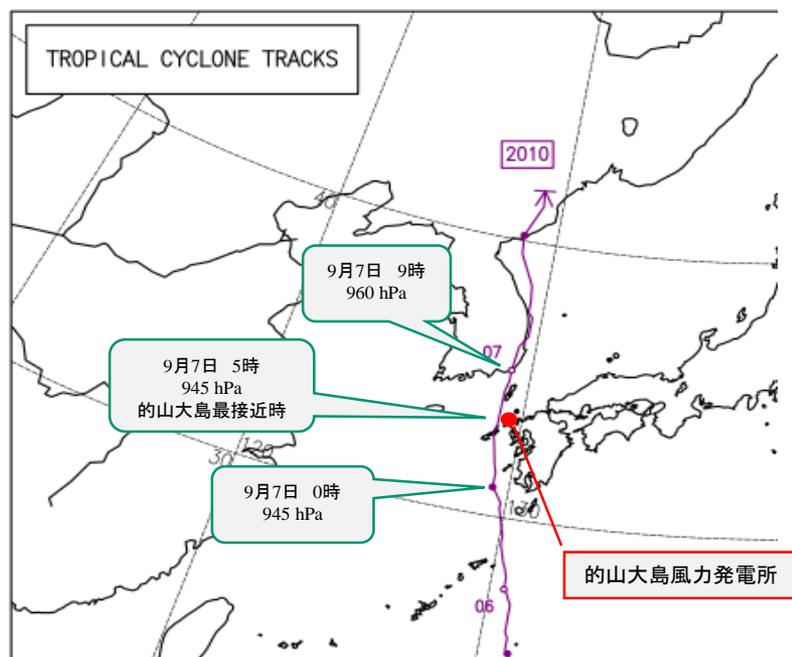
的山大島風力発電所では、9月2日15時頃よりサイト内の平均風速が20m/sを超え始め、22:10に40m/s超、さらに風速を増し23:00頃に45m/s超、23:40に8号風車でサイト最大風速で48.8m/s（10分平均値）を観測した。

9月2日～9月3日未明までに最大瞬間風速で51.9m/sが観測された。その前後の間の落雷情報を調査したが落雷は観測されなかった。

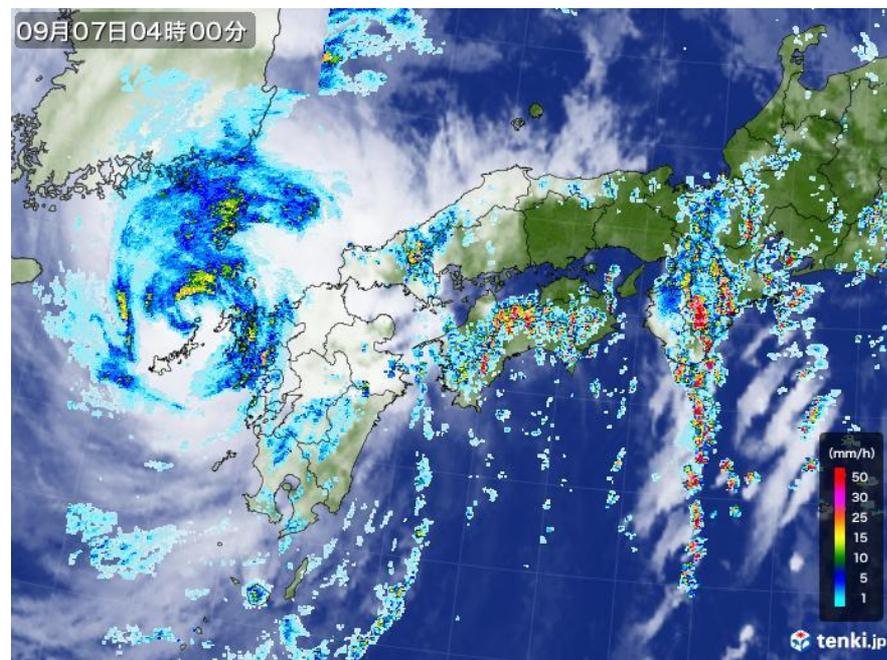
風向は、東南東方向(15:00頃)～南南東(21:00頃)、台風が最接近したと思われる時間帯は南(23:00～00:00頃)、その後南西方向へと変化した。島特有の地形により、局所的に急激な風向の変化を伴う場面が見受けられた。

# 台風10号(HAISHEN:ハイシェン)の概要

台風10号は、9月6日から7日にかけて、沖縄県大東島地方から奄美地方を進み九州地方に接近、その後、北上を続け、7日午前9時頃朝鮮半島に上陸した。この台風により、長崎市野母崎で59.4m/sの最大瞬間風速を観測した



気象庁データ参照: <https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/typhoon/T2010.pdf>



的山大島風力発電所では、9月6日13:30頃よりサイト内の平均風速が20m/sを超え始め、23:00頃に30m/s超、さらに風速を徐々に増し9月7日04:00～5:30間に、平均風速で40m/s以上を観測、04:40に9号風車で45.2m/sの最大風速（10分平均値）が観測された。その前後の間の落雷情報を調査したが落雷は観測されなかった。

04:00～06:00の間、瞬時値で風速:50m/sを超える強風が続き、最大瞬間風速として51.9m/sが観測された。

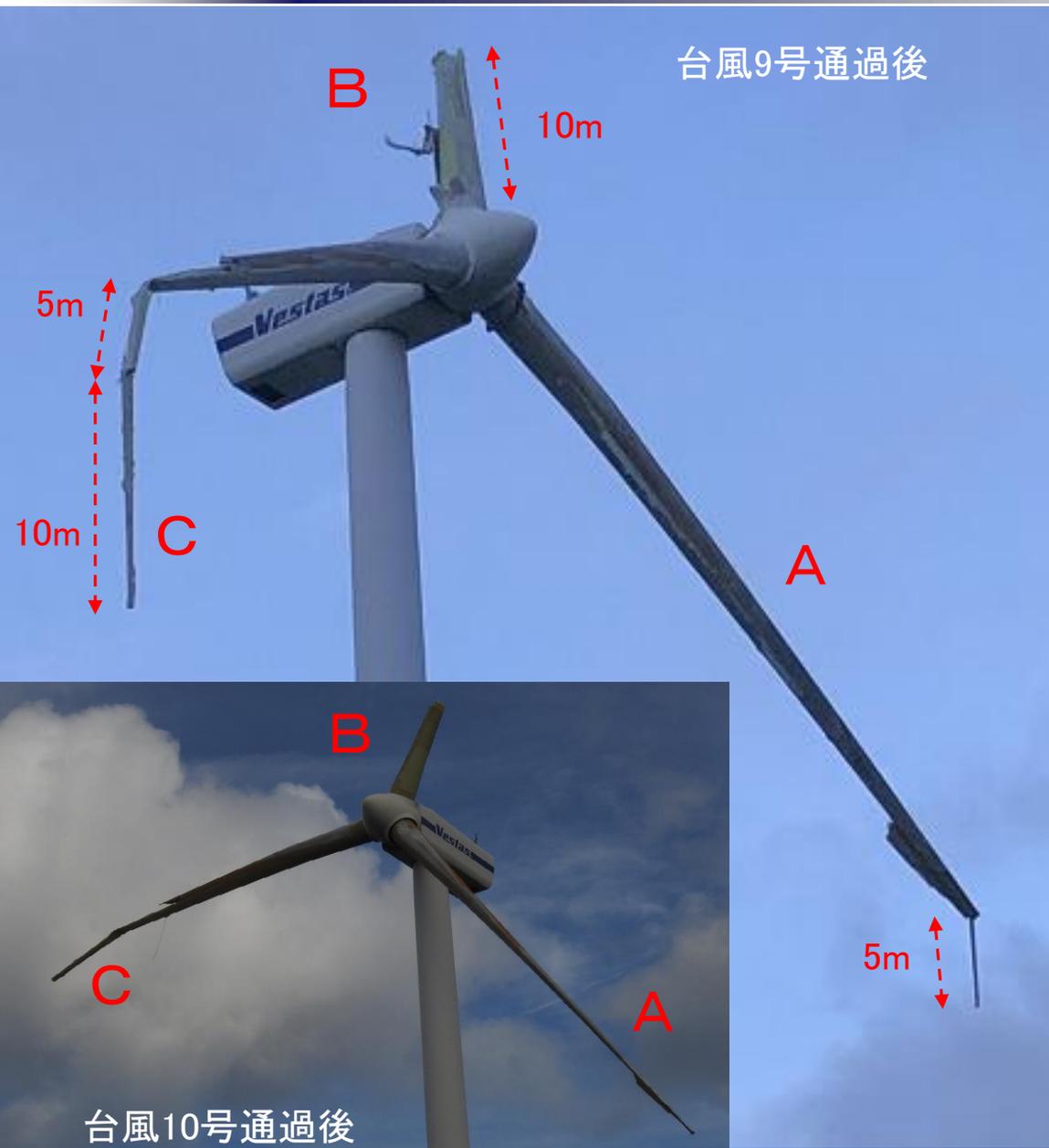
# ブレード折損風車状況(台風9号通過時)

|      | 台風9号通過前                     | 台風9号通過時状況  | 台風9号通過後   |
|------|-----------------------------|--|---|
| 7号機  | ローターロック状態<br>保安停止中-Pause状態  | 9月2日21:00頃 : 遠隔監視通信が不調のため<br>現地確認と復旧対応実施<br>9月2日22:08 : 最大瞬間風速46.7m/sを記録<br>風向157.8° ナセル角154.4°<br>制御コントローラダウンにより<br>以降データ欠測           | <b>ブレード目視点検異常なし</b><br>ベアリングハウジング・ロックピン破損<br>ブレーキキャリア他周辺部破損<br><b>ヨーウォームギア破損</b>          |
| 8号機  | 9月2日 16:27:27 より<br>Pause状態 | 9月2日23:58 : Pitch div.エラー等発生<br>Q16制御電源トリップ<br>最大瞬間風速51.8m/sを記録<br>風向151.7° ナセル角326.9°<br>9月3日00:56 : <b>ブレード3枚破損を確認</b>               | ナセル内ホイストが制御盤を破壊<br>690V回路に接触し短絡<br>ピッチシリンダ破損<br><b>ヨーウォームギア破損</b>                         |
| 13号機 | 9月2日 18:40:26 より<br>Pause状態 | 9月2日23:07 : Low oil-levelエラー発生<br>9月2日23:30 : 制御コントローラダウン<br>最大瞬間風速51.9m/sを記録<br>風向123.9° ナセル角304.2°<br>9月3日03:47 : <b>ブレード1枚破損を確認</b> | ピッチシリンダ破損<br>ハブ用電源ブレーカトリップ<br>制御系24V回路故障<br><b>ヨーウォームギア破損</b>                             |
| 16号機 | 9月2日 18:46:43 より<br>Pause状態 | 9月2日23:22 : Pitch div.エラー等発生<br>9月3日00:21 : 制御コントローラダウン<br>最大瞬間風速51.9m/s<br>風向141.4° ナセル角309.8°  | 9月3日14:00 : 巡視点検時<br><b>ブレード2枚破損を確認</b><br>ピッチシリンダ破損<br>ハブ-ナセル間通信線破損<br><b>ヨーウォームギア破損</b> |

# ブレード折損風車状況(台風10号通過時)

|      | 台風10号通過前                                      | 台風10号通過後状況   | 今後の対応(予定)   |
|------|---|--|---|
| 7号機  | ヨー動作せず<br>(ナセル:北北東固定状態)                       | <b>ブレード1枚破損を確認</b>                                       | 開いたシェルの飛散防止のため、バンド等による固縛処置<br>⇒9/11実施済<br>重機でアクセスし開いたシェル部分の除去<br>⇒10/4実施済 |
| 8号機  | ローターをワイヤ、チェーン等で固定<br>ヨー動作せず<br>(ナセル:北西固定状態)   | 台風9号通過時に折れて垂下った<br>ブレード2本の先端部がヤード内に落下                    | ロープワークによる破損ブレードの危険部位を除去<br>⇒ ~9/19実施済                                     |
| 13号機 | 台風10号最接近に備え、ヨーを手動操作し<br>ナセルを南向き固定<br>オートヨーできず | 9号通過後、BブレードTE側先端から<br>10m~25m付近の欠損箇所が<br>ブレード翼根部付近まで拡大した | 重機、またはロープワークによる<br>破損ブレードの危険部位を除去   |
| 16号機 | 台風10号最接近に備え、ヨーを手動操作し<br>ナセルを南向き固定<br>オートヨーできず | AブレードTE側の開口部が拡大した  | 重機、またはロープワークによる<br>破損ブレードの危険部位を除去   |

# ブレード折損状況の調査 (8号機)



台風9号通過後

## Bブレード

根本から10m付近で折損

シェルの剥離

## Aブレード

先端10m程度から根本までTE側シェルの剥離

先端から5m付近でスパーの折損

⇒この部分は台風10号通過時にヤード内に落下した

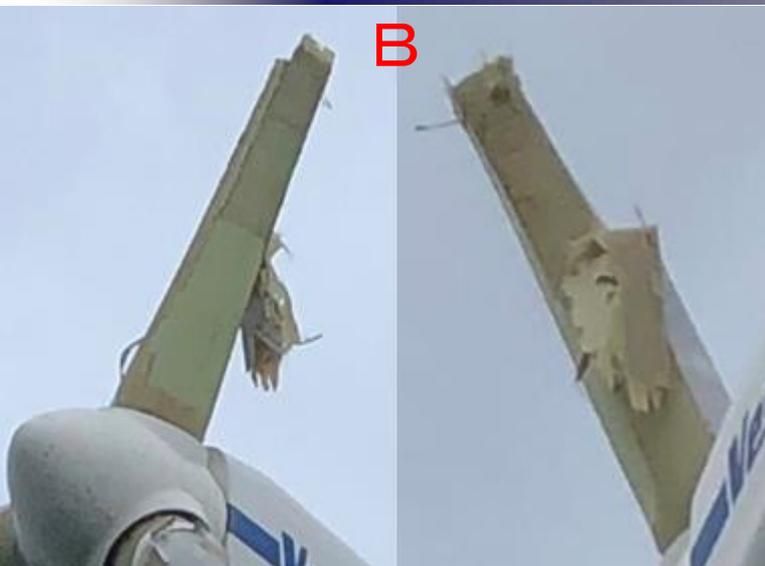
## Cブレード

先端から10m、及び15m付近でスパーの折損

⇒先端から10m付近のスパー折損部は台風10号通過時にヤード内に落下した

台風10号通過後

# ブレード折損状況の調査 (8号機)



B

Bブレード

画像ではLE側がナセル前方方向を向いており、フェザリング状態

翼根部より10m部分でスパーが折損し、TE側シェルが剥離

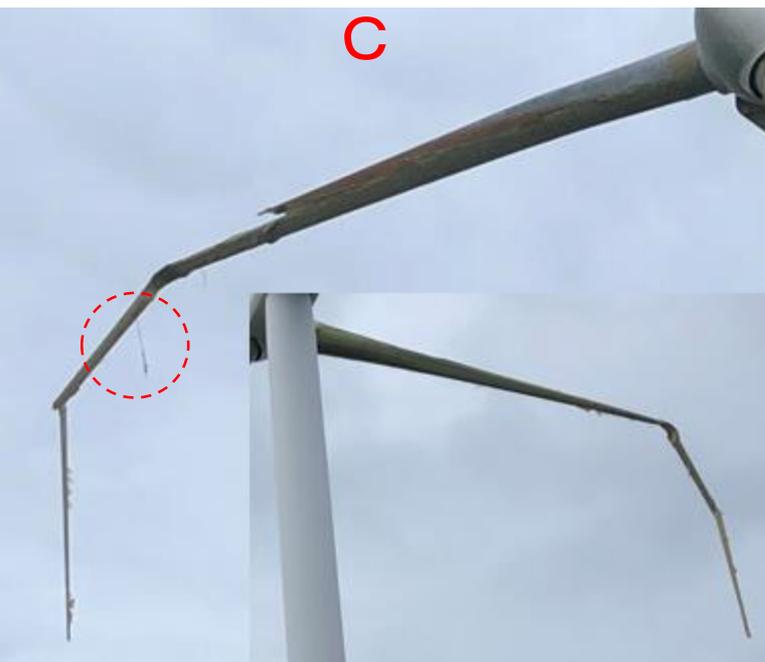
Aブレード

画像ではLE側がナセル前方方向を向いており、フェザリング状態

先端から5m付近でスパーが折損し、TE側シェルの大部分が剥離



A



C

Cブレード

画像ではLE側がナセル前方方向を向いており、フェザリング状態

スパー、及びLE側の一部のシェルを残し、シェルの大部分が剥離

赤○で囲んだ部分: 切断されたライトニングケーブル

(※参考画像)

ブレード構造

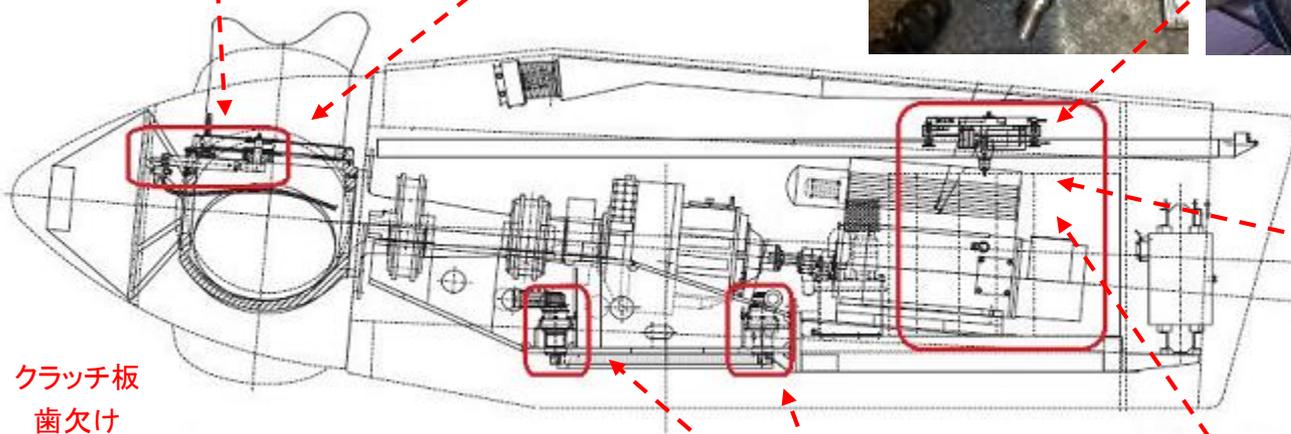
LE:リーディングエッジ TE:トレーリングエッジ

PS:風上側(受風面) SS:風下面

スパー:主桁 シェル:ブレード外装



# ナセル内損傷状況の概要 (8号機)



ホイストチェーン収納容器部がナセル内制御盤に衝突し  
制御盤内部の690V回路が短絡

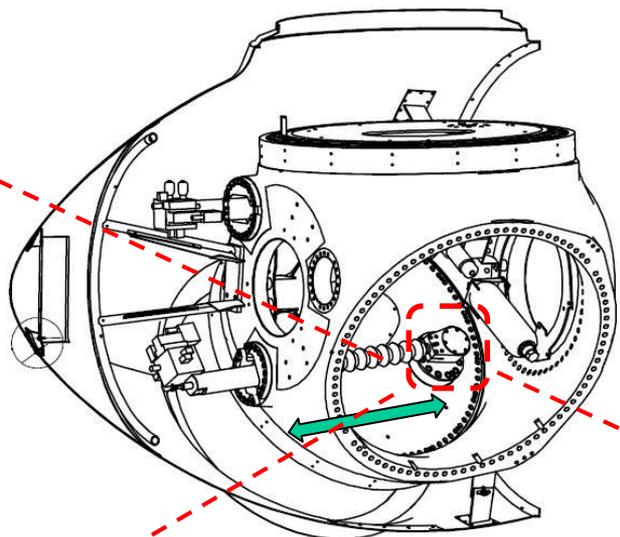


# ナセル内損傷状況の概要 (8号機)

ピッチシリンダシャフト折れ



油圧によりピッチシリンダが伸縮することでブレードのピッチ角が変化するが、8号機はすべてのピッチシリンダが破損していた



ピッチシリンダシャフト抜け

ピッチシリンダ本体側



B



ピッチシリンダシャフト曲がり



B



ピッチシリンダ本体ズレ

# ブレード飛散状況の調査 (8号機)



↑ブレードシェル表皮↓



↑スパー部分



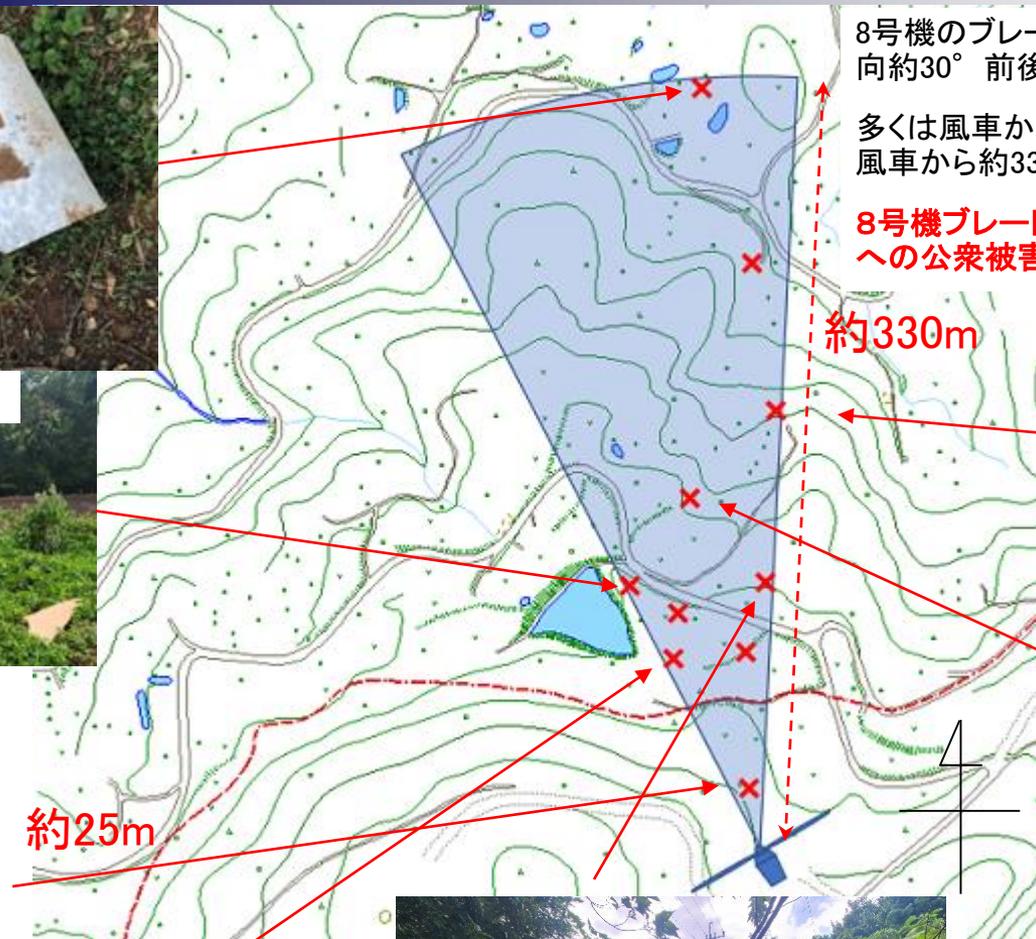
シェル



8号機のブレード飛散物は、風車の北から北北西方向約30° 前後の範囲で確認された

多くは風車から200m程度の範囲で確認されたが、風車から約330m地点でもシェル部分飛散を確認

8号機ブレード飛散物による 人的、および家屋等への公衆被害は確認されず



約330m

約25m

約150m



先端部

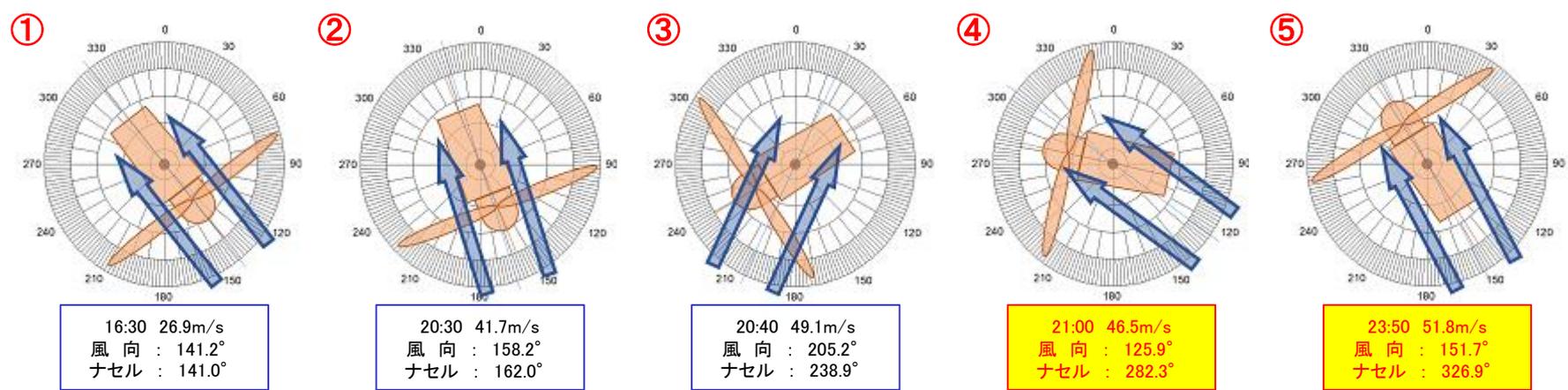
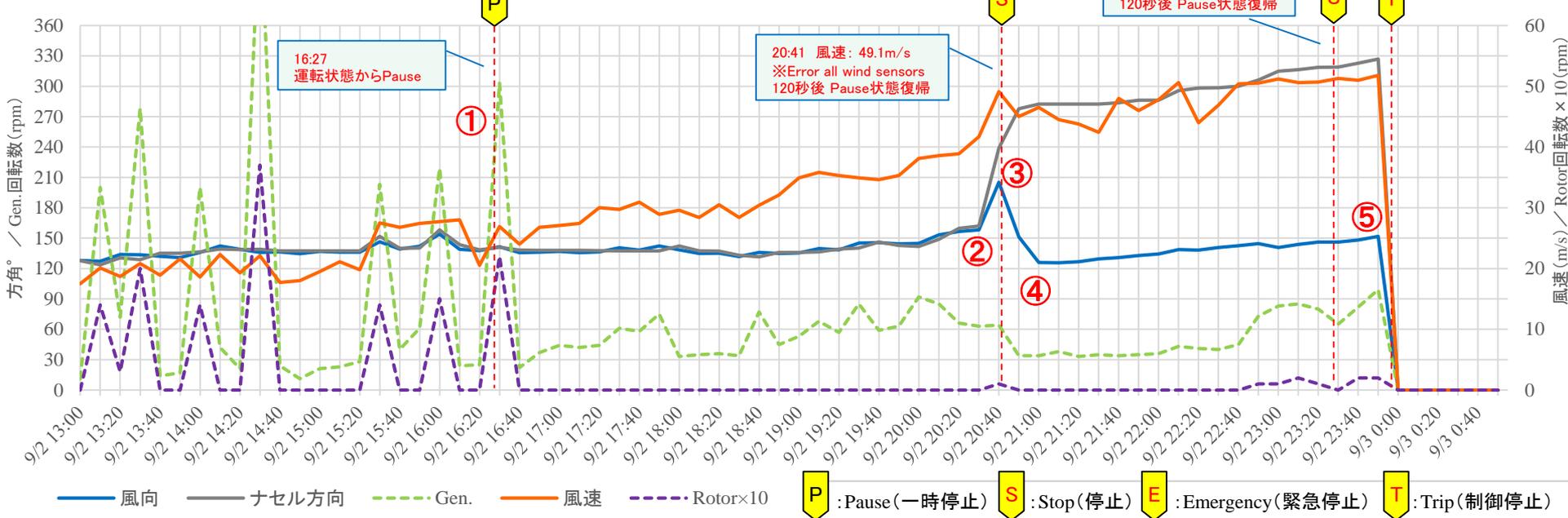


シェル表皮

# 計測データ分析 (8号機) 台風9号通過時

23:58 風速: 51.8m/s  
Pitch dev.min71.7-  
Gen.RPM:924.7 RPM,  
Q16制御電源トリップ

## 風向風速計測データ

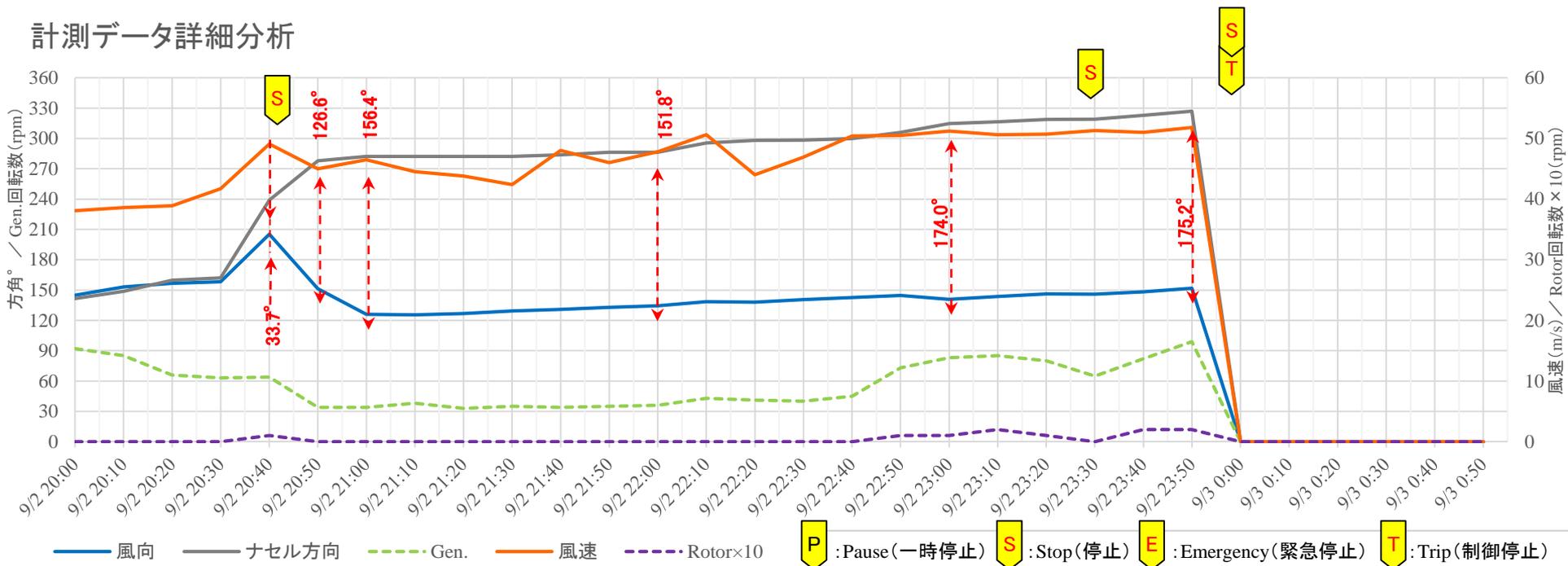


風車 前方からの受風 (風車制御は正常)

風車の 横~後ろ 方向からの受風 (ヨーイング異常動作)

# 計測データ分析 (8号機) 台風9号通過時

## 計測データ詳細分析



- 20:30 この時点まではナセル方向と風向に大きな開きはない (風車ヨー制御は正常動作)
- 20:40 ナセル方向と風向に開きが生じ始めるがこの時点ではナセル前面からの受風状態
- 20:41:50 Error on all wind sensors 発生、風速: 49.1m/s(瞬時値) 風車はStop(停止)だが、120秒後に Pause状態に移行  
台風による強風、豪雨の影響により、一時的に風向風速計のエラーが生じたものと推測
- 20:50 ナセル方向と風向に 126.4° の開き。これ以降、ナセル後方からの受風状態となる (ダウンウインド状態)
- 23:50 Q16制御電源トリップ直前の状態。ナセルの真後ろ (175.2° ) から受風している状態
- 23:58:07 Pitch dev. Min:71.7- max:87.8- により Stop(停止)  
Pause、またはStop状態で、3枚のブレードのピッチ角が 4° 以上開いた場合に発生するエラー  
この時点で、強風によりブレードが押されピッチ角に異常が発生したと推測
- 23:58:08 Gen.RPM: 924.7 RPM, OpSt<Run により Stop(停止)  
Pause、またはStop状態で、発電機回転数(増速機高速軸側回転数)の異常時に発生するエラー
- 23:58 Q16制御電源トリップにより以降のデータについては欠測

※Error on all wind sensors : 風向の急激な変化や乱流、濃霧等により60秒間計測不能な状態となった場合に発生するエラー  
このエラーが発生すると、60秒間Stop(停止)状態となり、その後オートリスタートする (合計停止時間120秒)

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 8号風車 シナリオ（推定）

## 設備被害

・台風による暴風雨により  
20:41 Error on all wind sensors 発生  
⇒エラー発報前後で120秒間のヨーイング停止



前段1: ナセル角と風向に開きが発生し始める

・瞬時値で45m/sを超える風速が続き  
ナセルが強風に押され風向との角度差が拡大  
20:50 時点での角度差: 126.6°  
21:00 時点での角度差: 156.4°



前段2: 風向に追従しようとするが  
ヨーウォームギアクラッチ板が破損

・ヨーウォームギアクラッチ板破損により  
**※重大なヨーイング異常動作発生**

・上記想定外の事象、及び風速・風向の急激な  
変化などによりフェザリング状態のブレードへの  
**強い横風**等を受け、ブレードが激しく振動し



① ピッチシリンダ破損  
23:58 Pitch dev.による停止

・ピッチシリンダの破損によるピッチ角異常が  
発生し、**強い横風**等を受け



② ブレード折損

・ブレード折損による衝撃で  
ローターバランスが大きく崩れ、タワーが揺られ



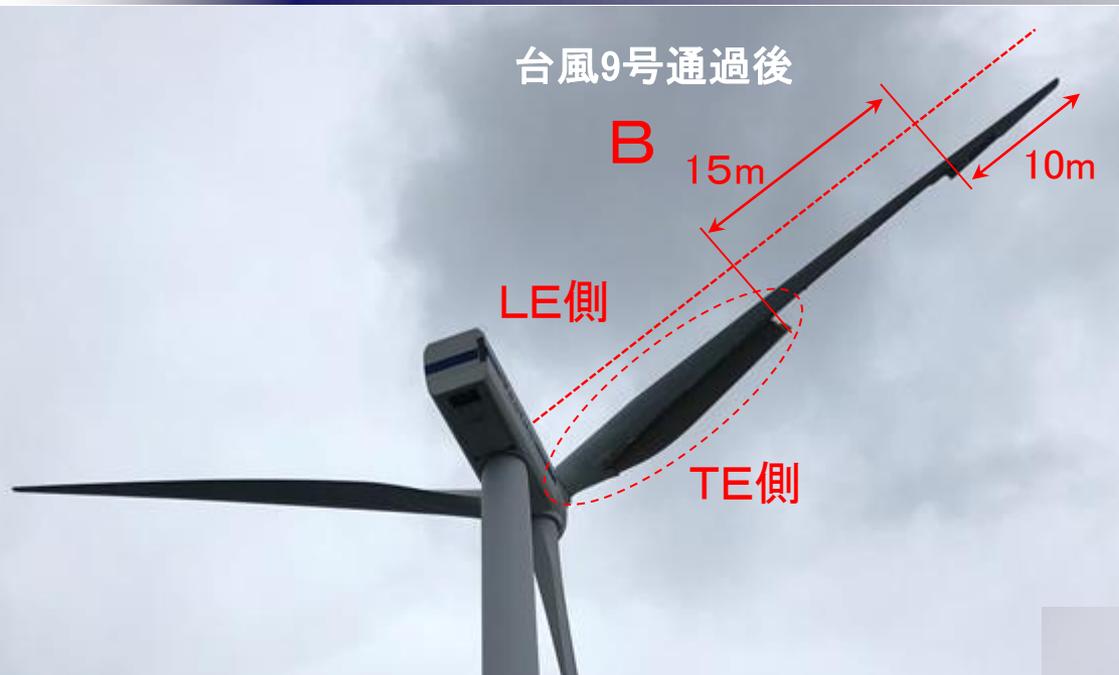
③ ホイストチェーン収納容器が  
ナセル制御盤に衝突、690V回路の短絡

・制御盤690V回路の短絡により



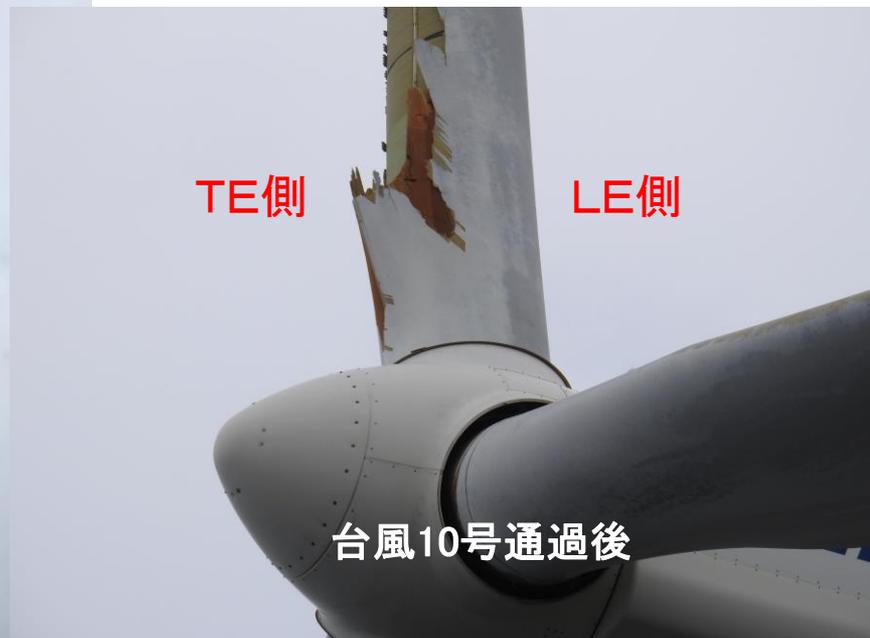
④ Q16制御電源トリップ

# ブレード折損状況の調査（13号機）



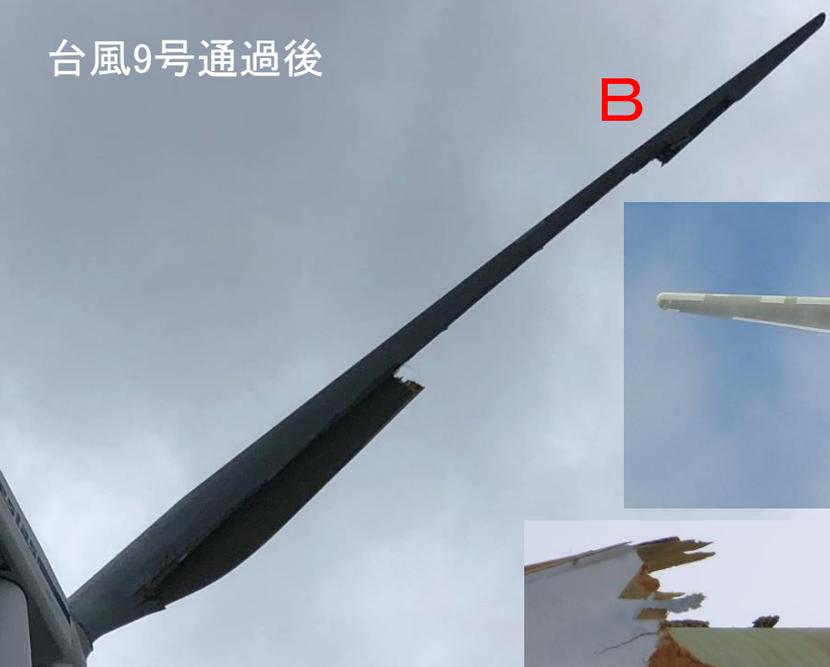
## Bブレード

先端から10m~25m間でTE側シェル剥離  
赤○部分、SS側（風下側）のシェルが剥離  
台風10号通過時にシェル破損が拡大した



# ブレード折損状況の調査 (13号機)

台風9号通過後



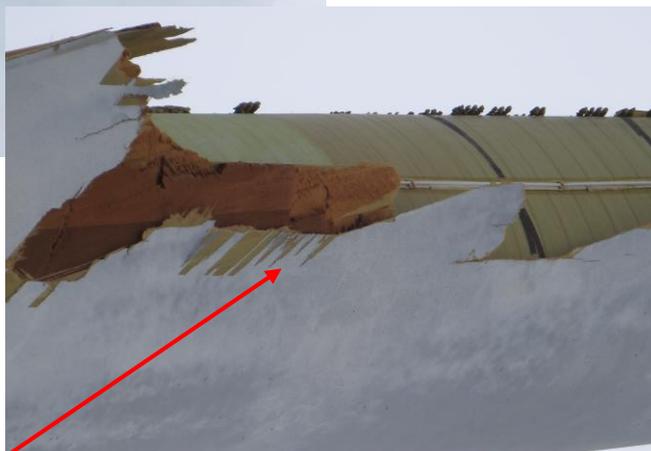
Bブレード

先端から10m～25m間でTE側シェル剥離  
先端から25m～翼根部まではPS側のシェルが残っている  
台風10号通過時にPS側シェルも剥離し破損が拡大した



台風10号通過後

LE側のシェルはほとんど残っている



(※参考画像)

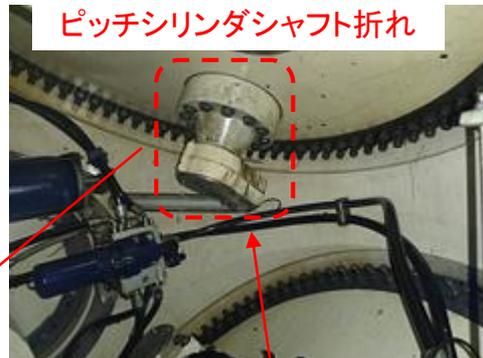
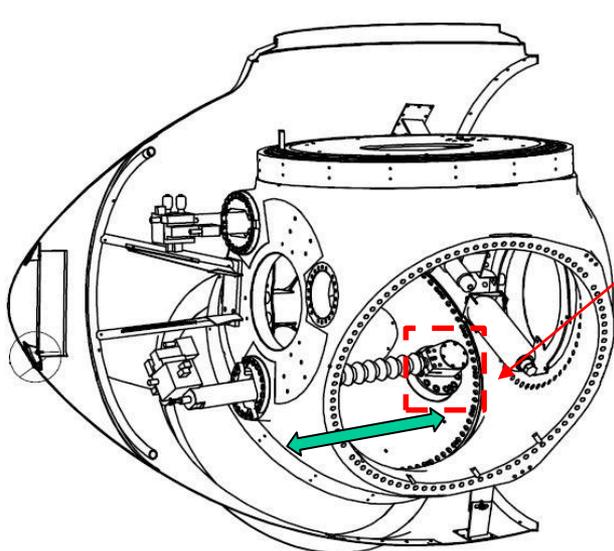
ブレード構造  
LE:リーディングエッジ TE:トレーリングエッジ  
PS:風上側(受風面) SS:風下面  
スパー:主桁 シェル:ブレード外装

台風10号通過後



先端部を残し、TE側のシェルはほとんど破損

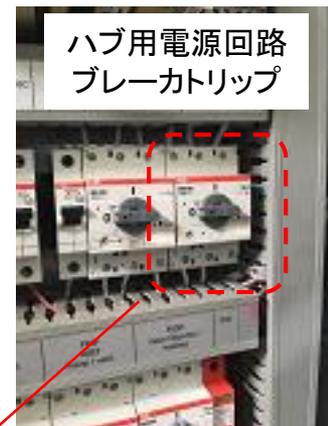
# ナセル内損傷状況の概要 (13号機)



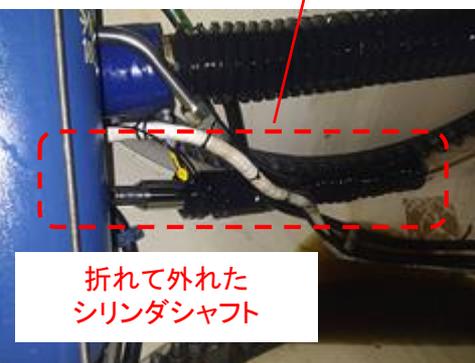
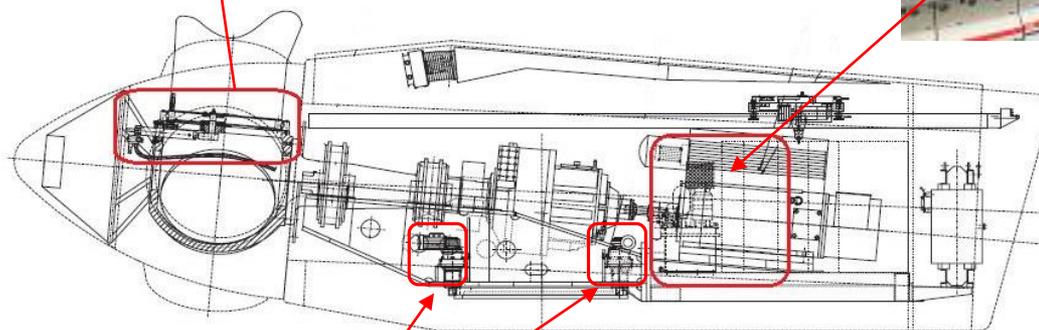
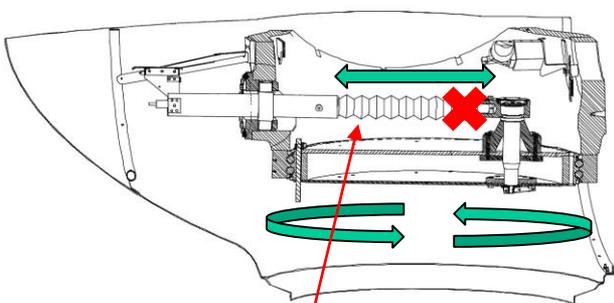
ピッチシリンダシャフト折れ

油圧によりピッチシリンダが伸縮することでブレードのピッチ角が変化するが、13号機はBブレードのピッチシリンダが破断していた

ピッチシリンダシャフトが折れ、ハウジングと切り離された状態となっている



ハブ用電源回路ブレーカトリップ



折れて外れたシリンダシャフト



ヨーウォームギア内部クラッチ板破損 (全4台)



# ブレード飛散状況の調査 (13号機)



13号機のブレード飛散物は、風車の北北東方向約50mの地点で、風車ブレード翼根部に装着されているカフカラーと呼ばれるカバー部品が1点のみ確認された

台風10号通過後、捜索範囲を拡げドローンによる空撮も行ったが、13号機のものと思われるブレード飛散物は発見に至っていない

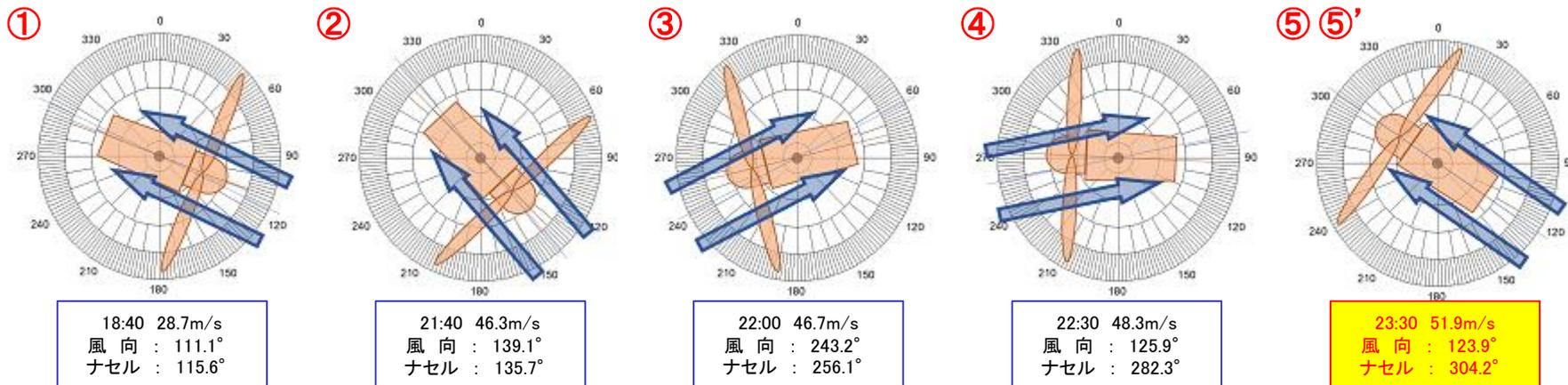
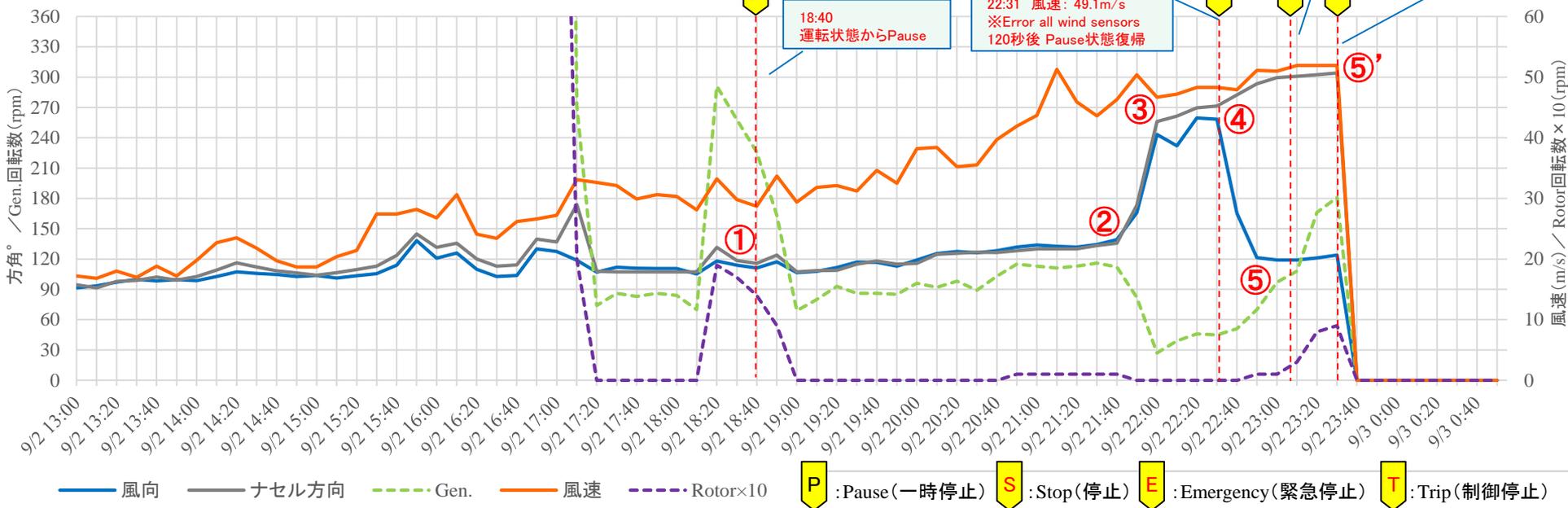
13号機の立地より、北方向約180m、北北西方向約130mで海岸となるため、ほとんどが海上方向に飛散したと推測される

**13号機ブレード飛散物による 人的、および家屋等への公衆被害は確認されず**



# 計測データ分析 (13号機) 台風9号通過時

## 風向風速計測データ

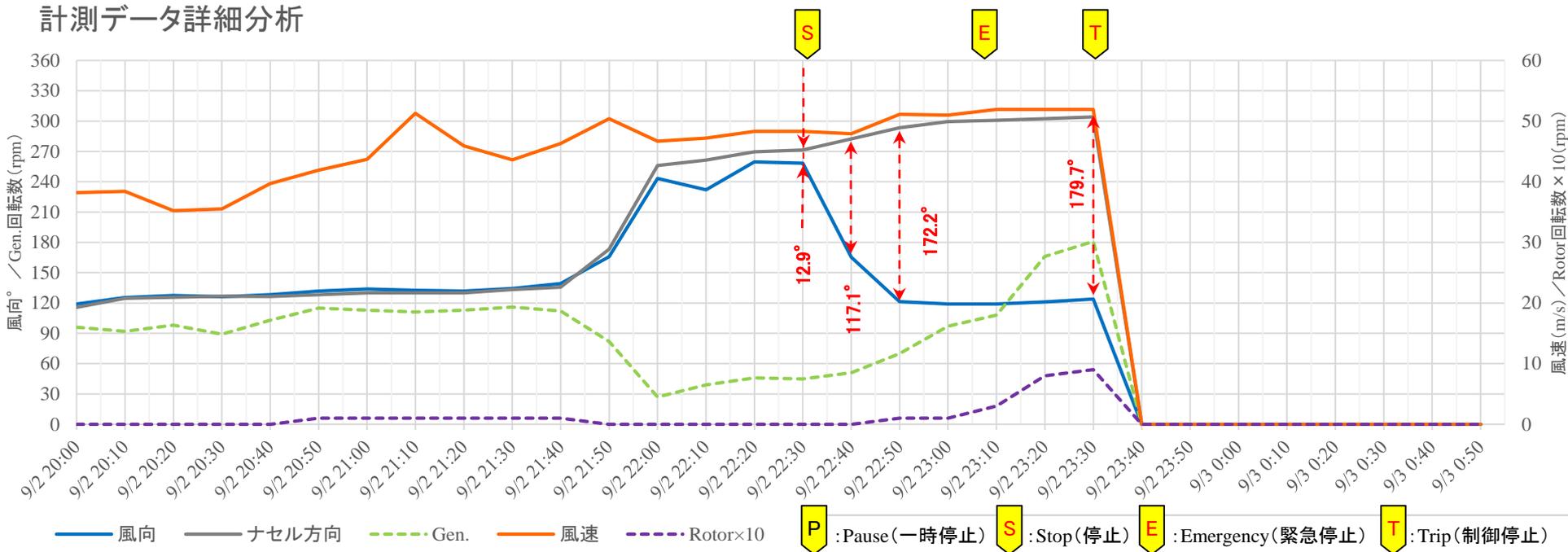


風車 前方 からの受風 (風車制御は正常)

22.31以降 ヨーイング異常動作

# 計測データ分析 (13号機) 台風9号通過時

## 計測データ詳細分析



- 21:40~  
~22:30 南東方向だった風向が短時間で南西~西方向へと急激な変化を見せた  
この時点までは風向に対し、ナセル方向は追従動作 (風車制御としては正常動作)
- 22:31:31 Error on all wind sensors 発生、風速:48.3m/s(瞬時値) 風車はStop(停止)だが、120秒後に Pause状態に移行  
エラー直前の状態 風向:258.4° ナセル方向:271.3°
- 22:30~ 西方向からの風向が短時間で南西~南東と変化した  
ナセル方向と風向の差が拡大し、22:50時点でナセルの真後ろからの受風となった
- 22:40 ナセル方向と風向に 117.1° の開き。これ以降、ナセル後方からの受風状態となる (ダウンウィンド状態)
- 23:07:47 Low oil-level, hydraulic エラーにより Emergency(緊急停止)  
油圧制御系のトラブル発生と推測される 以降ログにはエラー等の発生は記録されず
- 23:30 風車計測データの記録が確認できる最後の時刻  
制御コントローラダウンにより、以降の計測データ欠測

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 13号風車 シナリオ（推定）

## 設備被害

- ・台風による暴風雨により  
22:31 Error on all wind sensors 発生  
⇒エラー発報前後で120秒間のヨーイング停止
- ・瞬時値で45～50m/sを超える風速が続き  
ナセルが強風に押され風向との角度差が拡大  
22:30 時点での角度差: 12.9°  
22:50 時点での角度差: 172.2°
- ・ヨーウォームギアクラッチ板破損により  
**※重大なヨーイング異常動作発生**
- ・上記想定外の事象、及び風速・風向の急激な  
変化などにより**フェザリング状態のブレードへの  
強い横風**等を受け、ブレードが激しく振動し
- ・ピッチシリンダの破損によるピッチ角異常が  
発生し、**強い横風**等を受け
- ・23:30の計測以降、制御コントローラダウンにより、  
データ欠測  
台風通過後のナセル内点検時に、ハブ用電源  
回路ブレーカのトリップを確認  
⇒制御コントローラダウンの原因と推測される



前段1: ナセル角と風向に開きが発生し始める



前段2: 風向に追従しようとするが  
ヨーウォームギアクラッチ板が破損



① ピッチシリンダ破損  
23:07 Low oil-level hydraulic による緊急停止

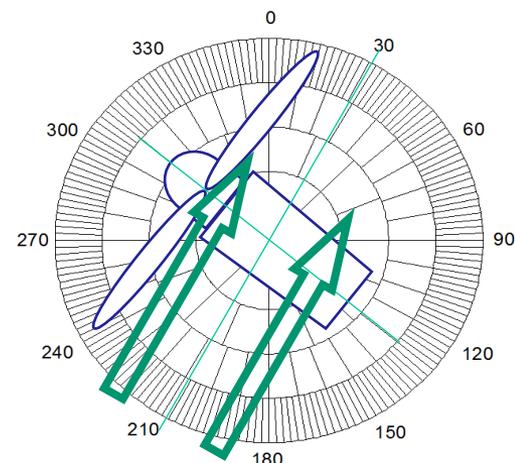
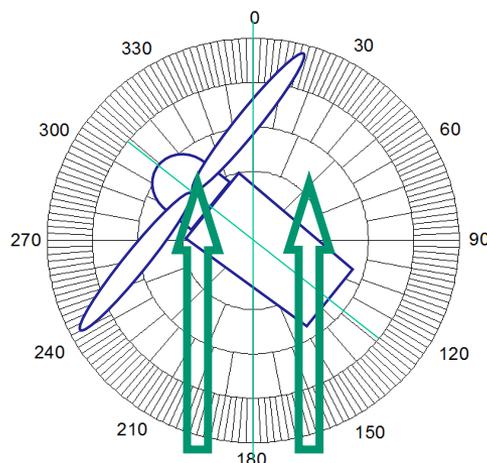
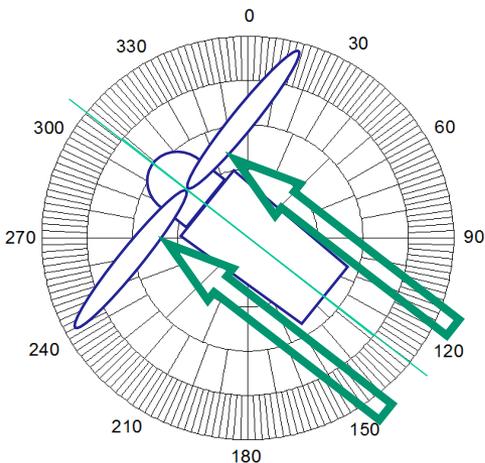


② ブレード破損、制御コントローラダウン

※ 23:30までの計測データが記録されているが、  
23:07に発生したエラーから、23:30の間のエラー  
発生は記録されていない

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 13号風車 シナリオ (補足)



23:30 データ欠測直前  
ナセル角 : 304.2°  
風向 : 123.9°  
最大風速 : 51.9m/s  
角度差 : 179.7°

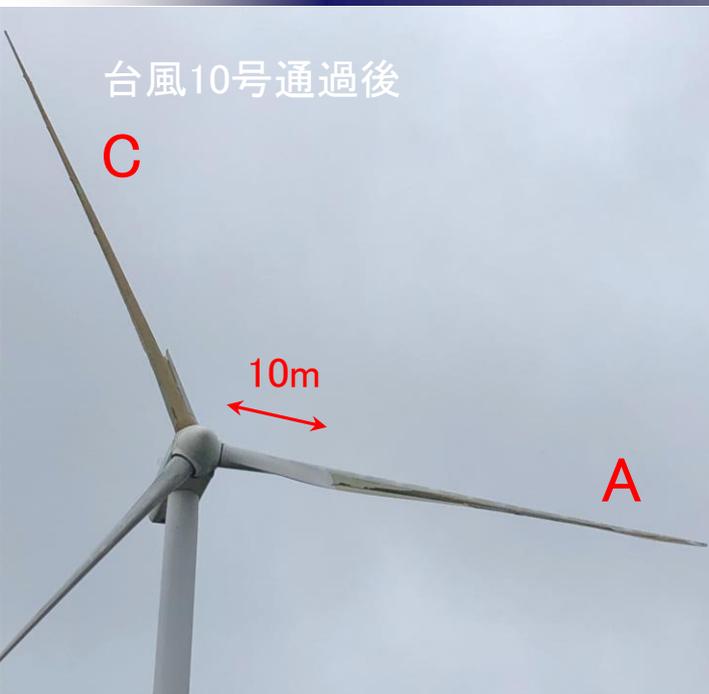
00:00 推測値  
ナセル角 : 304.2°  
風向 : 180°  
最大風速 : 51.6m/s  
角度差 : 124°

00:30 推測値  
ナセル角 : 304.2°  
風向 : 210°  
最大風速 : 50.6m/s  
角度差 : 94°

23:30 のデータ計測後、制御コントローラダウンによりデータ欠測となっているため、近傍風車の計測データよりの推測値  
23:30~翌00:30 までの1時間で、風向が約90° 近く変化し、強い横風を受けている状態  
この時間帯のサイト内最大瞬間風速は51.9m/s を記録している (10分平均の最大風速 : 48.8m/s)

巡視で発見される 03:47 までの間に、ナセル後方等からの強風によりブレード、及びピッチシリンダ破損に至ったものと推測される

# ブレード折損状況の調査 (16号機)



## Aブレード

ピッチシリンダが破損しており、ナセル正面から見てSS面(風下側)が正面を向いており、ピッチ角動作としては真逆を向いている

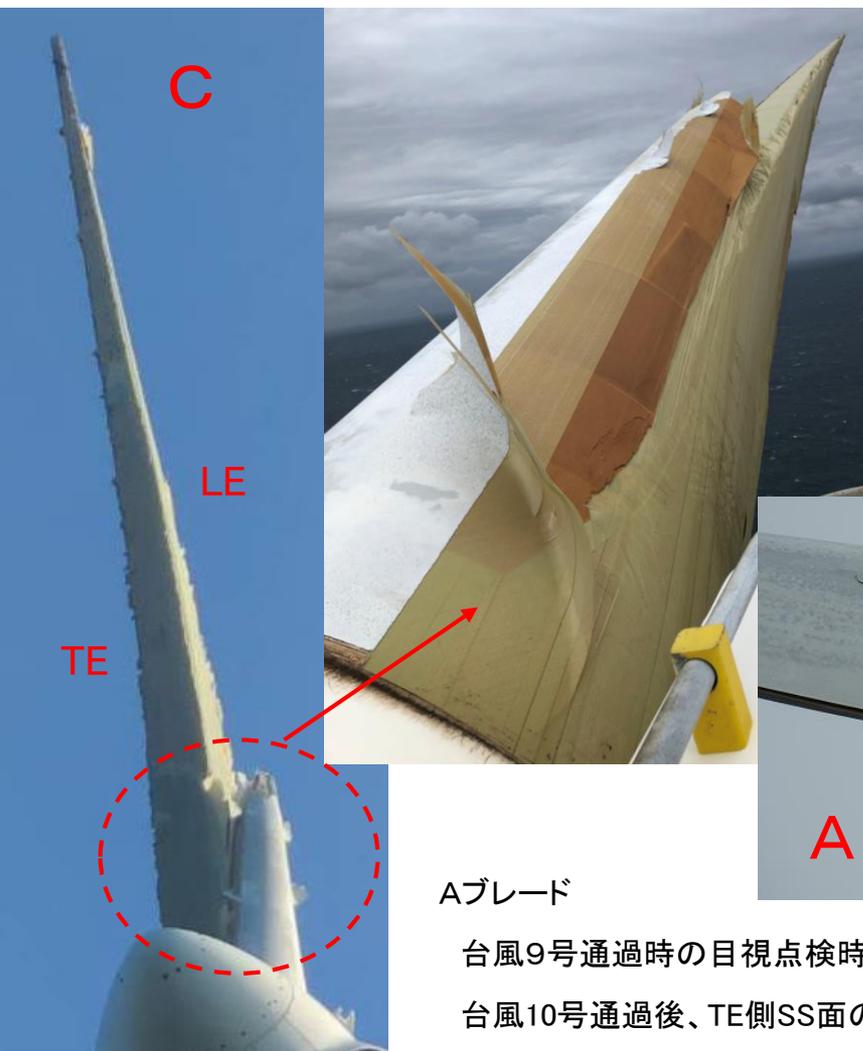
台風9号通過後の目視点検で、TE側のシェルの開きが確認された

台風10号通過後、翼根から10m程度から先のシェル破損部分が拡大した

## Cブレード

スパー部分を残し、翼根部の一部以外のシェルのほとんどが剥離した

# ブレード折損状況の調査 (16号機)



## Cブレード

スパー部分はほとんど残っている

シェルについては翼根LE側の一部を残しほとんど剥離

### ブレード構造

LE:リーディングエッジ TE:トレーリングエッジ

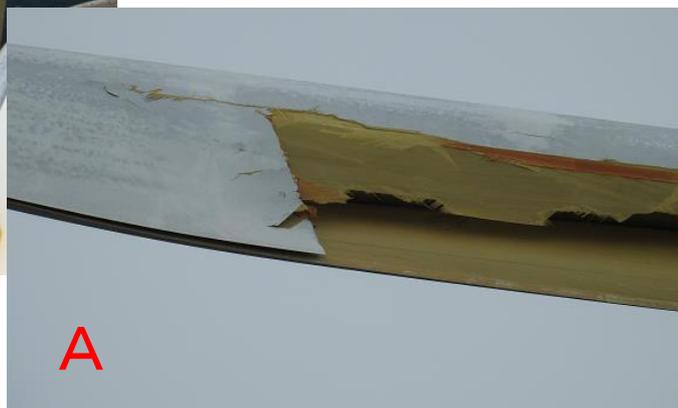
PS:風上側(受風面) SS:風下面

スパー:主桁

シェル:ブレード外装



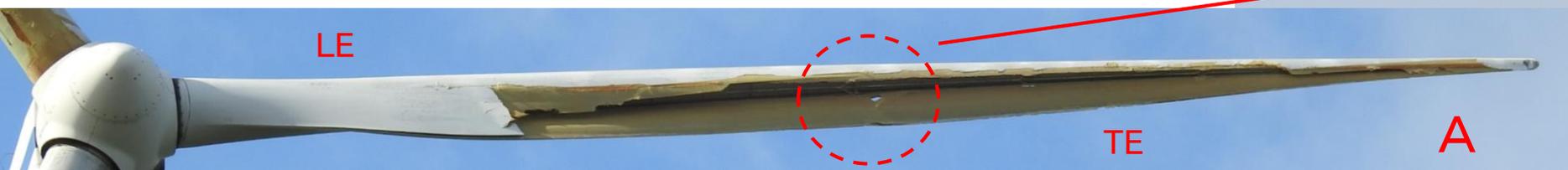
(※参考画像)



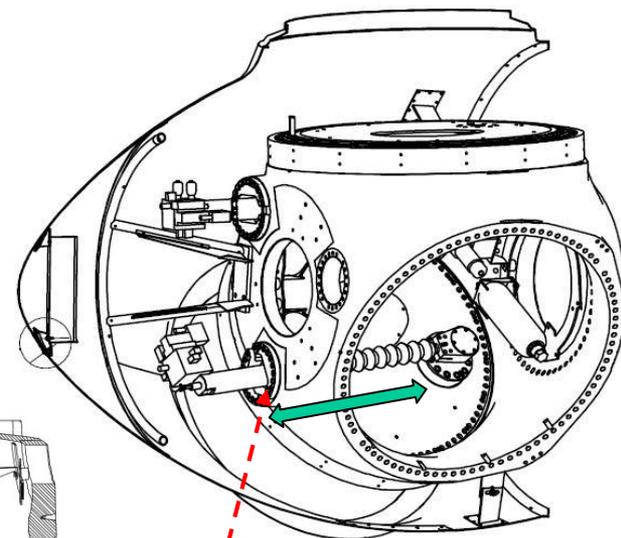
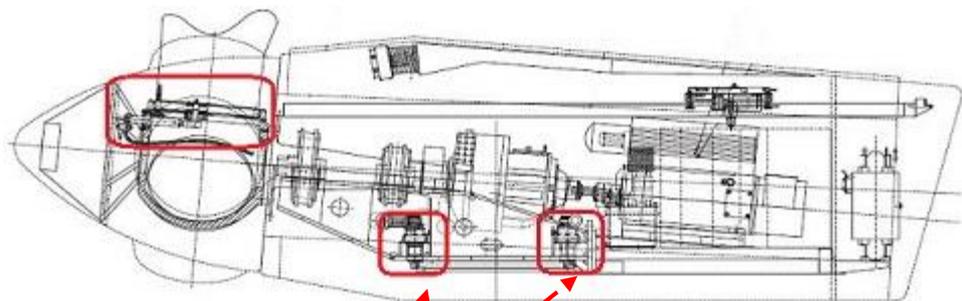
## Aブレード

台風9号通過時の目視点検時にピッチ角異常とTE側に開きを確認

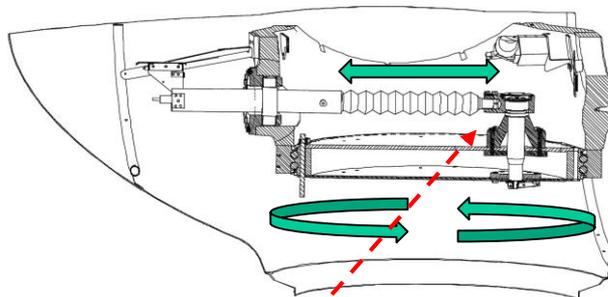
台風10号通過後、TE側SS面のシェルが翼根から先端近くまで剥離した



# ナセル内損傷状況の概要 (16号機)



ヨーウォームギア内部  
クラッチ板破損 (全4台)



シャフト部抜けにより、ピッチシ  
リンダ本体がハブ～ナセル間  
の通信線を押しつぶしていた



Cブレードピッチシリンダ シャフト湾曲



ハウジング部分脱落

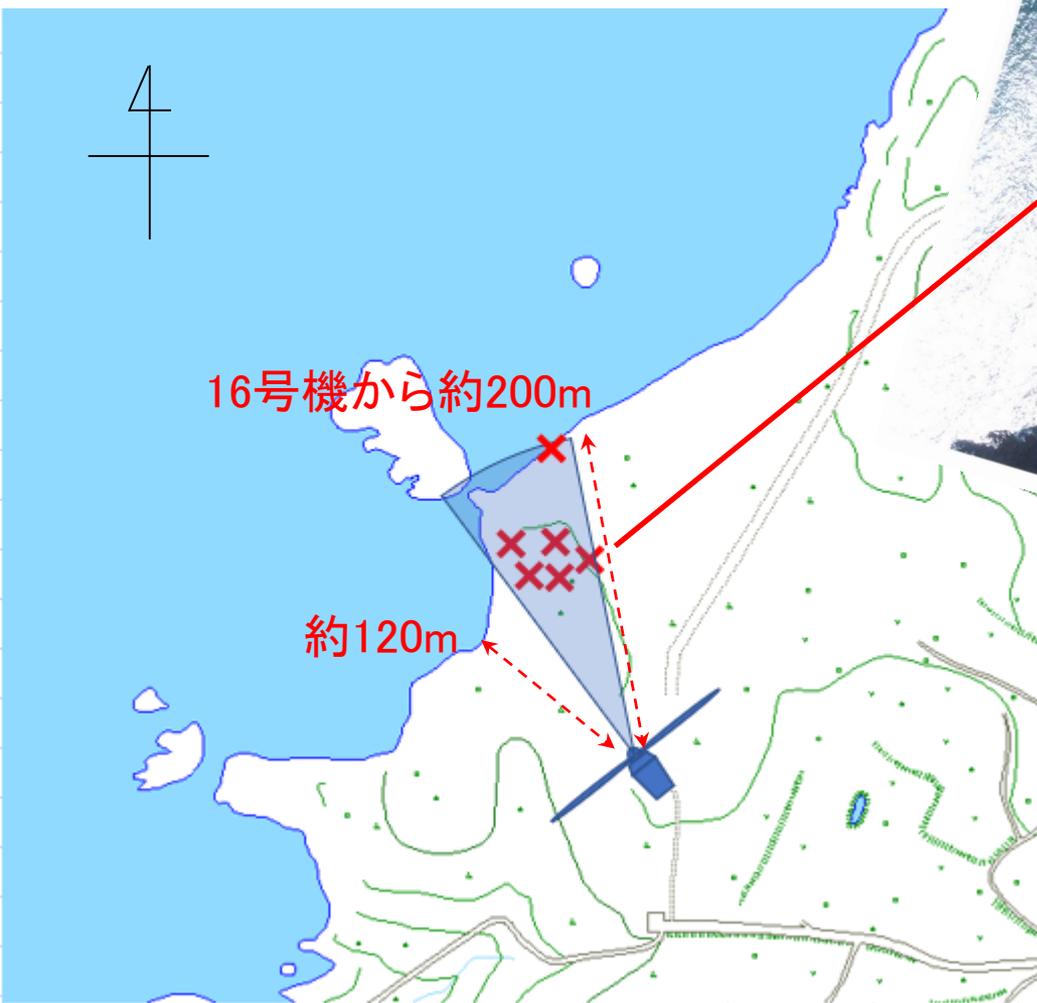
Aブレードピッチシリンダ トルクアームブロック



通信ケーブル破損

# ブレード飛散状況の調査（16号機）

16号機から北西：約120m、北：約200mで海岸線となる  
ブレード飛散物は風車の北から北北西方向約30°の範囲  
で確認されているが、一部は海上側に飛散したものと推測される

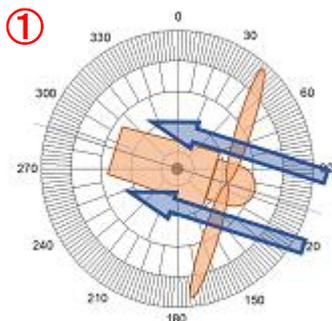
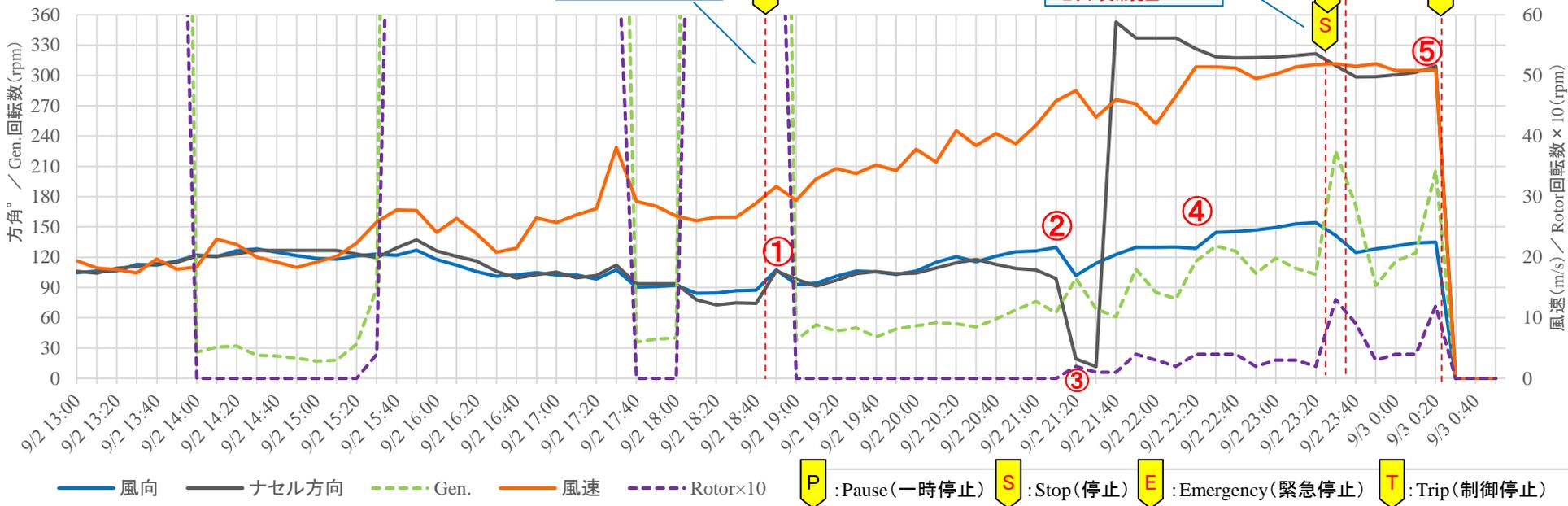


16号機から約130m付近  
ドローン撮影により確認された飛散物

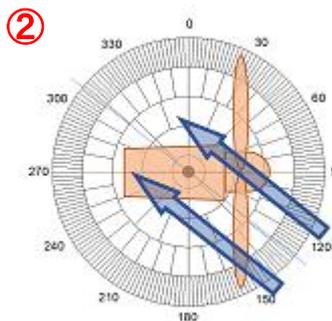
16号機ブレード飛散物による 人的、および家屋等への公衆被害は確認されず

# 計測データ分析 (16号機) 台風9号通過時

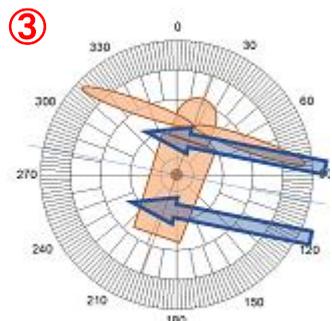
## 風向風速計測データ



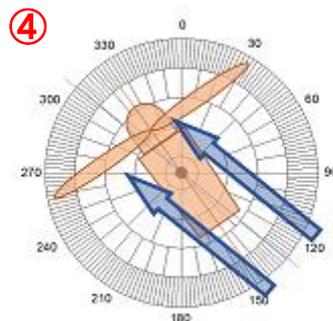
18:50 31.7m/s  
風向 : 107.5°  
ナセル : 106.4°



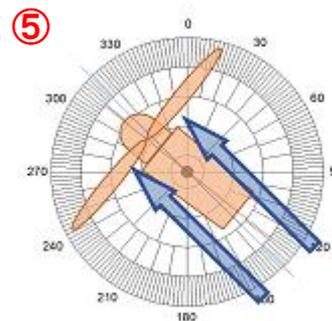
21:10 47.5m/s  
風向 : 129.7°  
ナセル : 88.8°



21:20 45.8m/s  
風向 : 101.8°  
ナセル : 19.3°



22:20 51.4m/s  
風向 : 128.9°  
ナセル : 326.4°



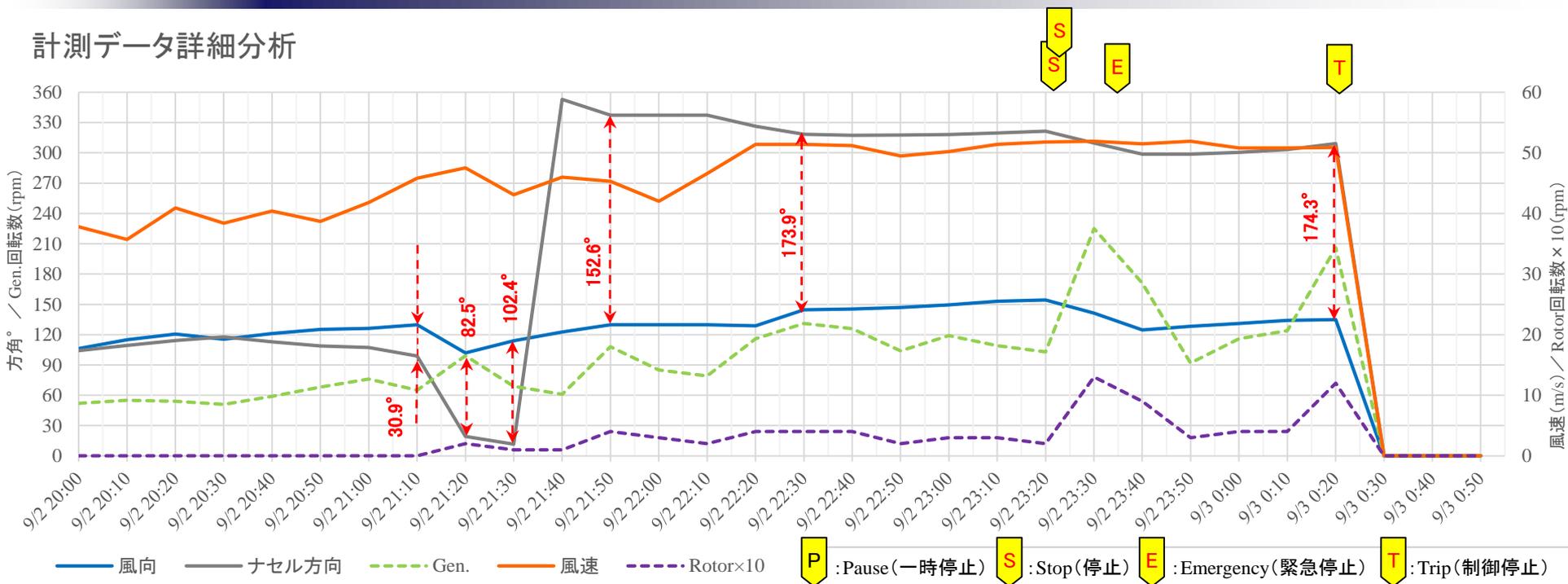
00:20 50.9m/s  
風向 : 134.9°  
ナセル : 309.2°

風車 前方 からの受風 (風車制御は正常)

風車の 横~後ろ 方向からの受風 (ヨーイング異常動作)

# 計測データ分析 (16号機) 台風9号通過時

## 計測データ詳細分析



- ~20:30 この時点までは風向に対し、ナセル方向は追従動作（風車制御としては正常動作）
- 20:30~ 風向とナセル方向に徐々に開きが生じる（ナセル方向が東～北方向に動く）
- 21:50~ ナセル方向：北北西方向、風向：南東方向  
ナセル方向と風向の差が拡大し、ナセルの真後ろからの受風状態（ダウンウインド状態）
- 23:22:12 Pitch dev. min:80.6- max:89.6- により Stop(停止)  
一時停止、またはStop状態で3枚のブレードのピッチ角が4°以上開いた場合に発生するエラー  
この時点で、強風によりブレードが押されピッチ角に異常が発生したと推測
- 23:25:44 Gen.RPM: 941.5 RPM, OpSt<Run により Stop(停止)  
Pause、またはStop状態で、発電機回転数(増速機高速軸側回転数)の異常時に発生するエラー
- 23:35:47 Pitch too low: 79.9- < 80.0- エラーにより Emergency(緊急停止)
- 00:21:24 風車ログデータの記録が確認できる最後の時刻 以降の計測データ欠測

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 16号風車 シナリオ（推定）

・21:20 風向とナセル角に開きが拡大し始める

・21:30 ナセル角:11.6° 風向:114.0°  
⇒南東の風、ナセル斜め後ろからの受風

・瞬時値で45～50m/sを超える風速が続き  
ナセルが強風に押され風向との角度差が拡大  
21:50 時点での角度差:152.6°  
22:30 時点での角度差:173.9°

・ヨーウォームギアクラッチ板破損により  
**※重大なヨーイング異常動作発生**

・上記想定外の事象、及び風速・風向の急激な  
変化などにより**フェザリング状態のブレードへの  
強い横風**を受け、ブレードが激しく振動し

・ピッチシリンダの破損によるピッチ角異常が  
発生し、**強い横風**を受け

・ブレード破損による衝撃でローターバランスが崩れ  
発電機回転数異常が発生し

・信号線破損により

## 設備被害

20:40 から、風向とナセル角の差が生じるが、風速40m/s  
を超え始めるタイミングと重なっており、ヨーウォームギア  
のクラッチが滑り始めたのではないかと推測

**前段： 風向に追従しようとするが  
ヨーウォームギアクラッチ板が破損**

**① ピッチシリンダ破損**  
23:22 Pitch dev. による停止  
23:35 Pitch too low: による緊急停止

**② ブレード破損**

**③ ハブ内でピッチシリンダが信号線を破損**

**④ 制御コントローラダウン**

# ブレード折損状況の調査（7号機）

台風9号通過後



台風9号通過後

台風9号通過後の巡視時の目視点検では  
ブレードに外観上の異常は見受けられず  
(双眼鏡、デジカメの併用による目視点検実施)



台風10号通過後

先端から5m付近でスパーク折損  
SS面ブレードシェルが完全に剥離

台風10号通過後



# ブレード折損状況の調査 (7号機)

SS

PS

Cブレード

先端から5m付近でスパー折損

SS側シェル剥離 PS側シェルはほぼ残存

翼根

先端



台風10号通過後、Cブレード先端部はナセル方向の前方となる風車から北方向で発見された

風速と風向データより、ナセル後方である南方向からの強風を受け破損したと思われる



回収された先端部

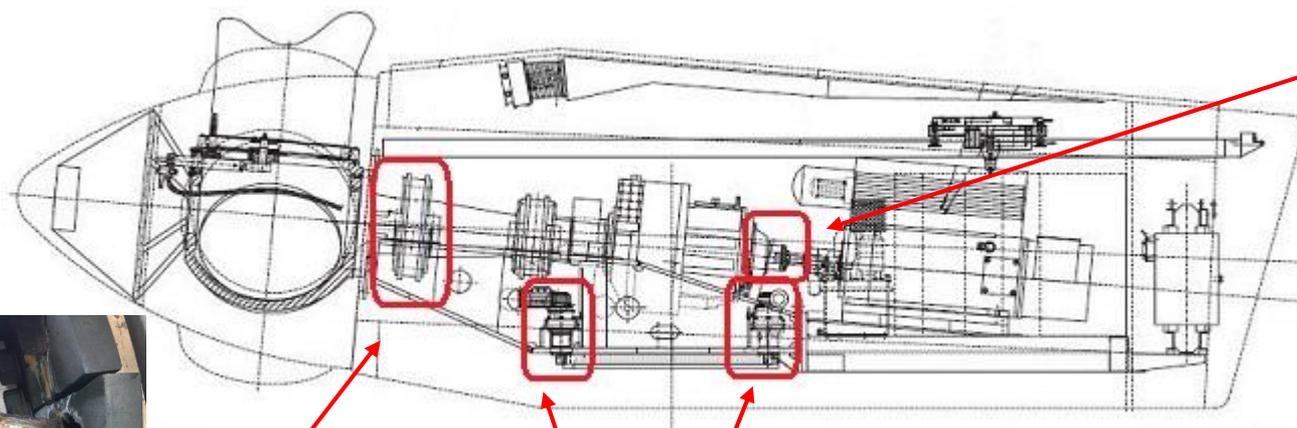


ブレード構造  
LE:リーディングエッジ TE:トレーリングエッジ  
PS:風上側(受風面) SS:風下面  
スパー:主桁 シェル:ブレード外装

(※参考画像)

# ナセル損傷状況の概要 (7号機)

※7号機はハブ内の損傷は見受けられず



ブレーキキャリパ  
ブレーキ周辺部破損



ローターロックピン曲がり  
メインベアリング  
ハウジング部破損

ヨーウォームギア  
内部クラッチ板破損

ヨーウォームギア  
内部クラッチ板欠け



# ブレード飛散状況の調査 (7号機)

7号機のブレード飛散物は、風車の北北西から北西方向約30° 前後の範囲で確認された

多くは風車から250m程度の範囲で確認されたが、風車から約330m地点でもシェル部分飛散を確認

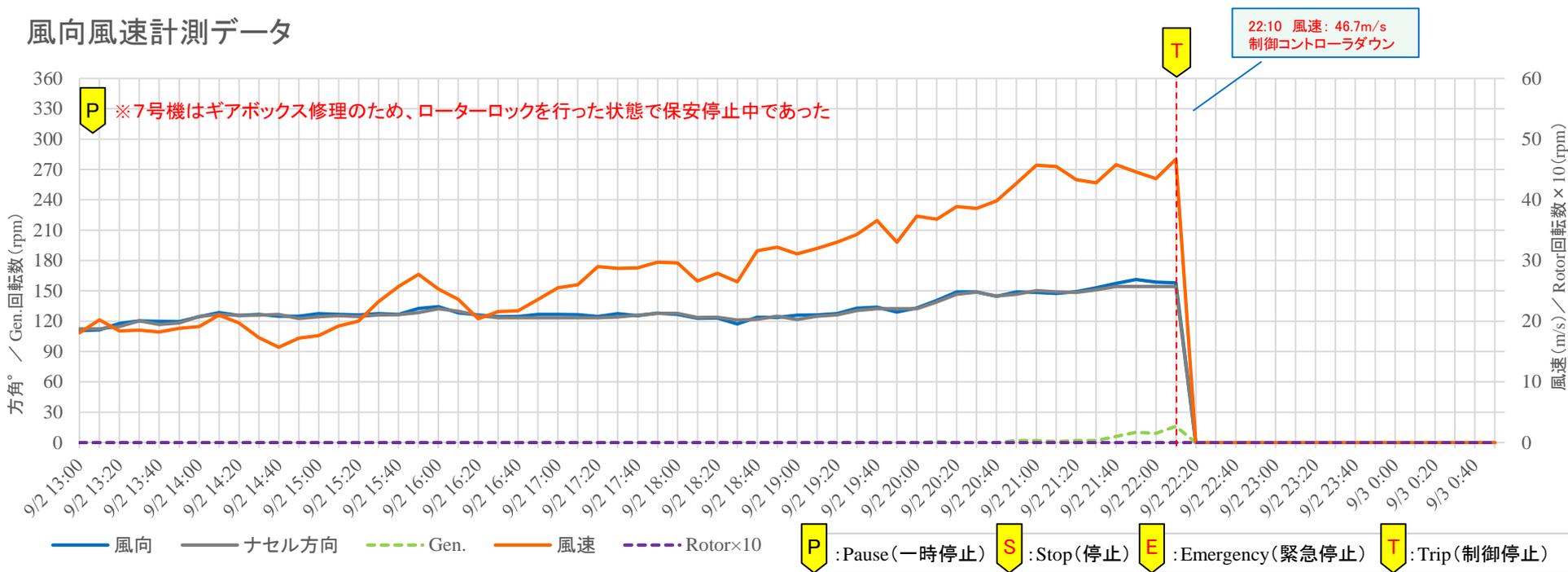
台風10号の通過前と通過後での確認において、ナセルは北方向約10~15° 方向であった(ヨー制御による風向への追従動作はできない状態)

7号機ブレード飛散物による 人的、および家屋等への公衆被害は確認されず



# 計測データ分析 (7号機) 台風9号通過時

## 風向風速計測データ

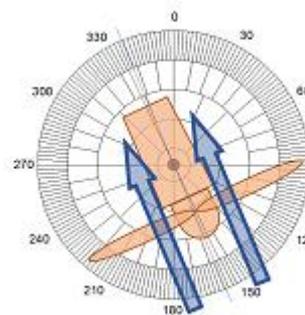


20:50～ ローターロック中にもかかわらず発電機の回転が計測された  
⇒ローターロックピンの異常が発生したと推測される

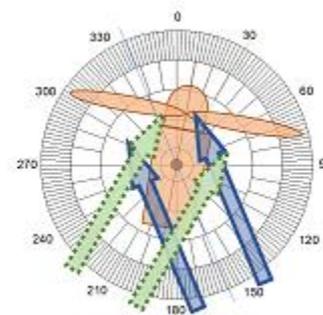
22:08 風車ログデータの記録が確認できる最後の時刻  
以降の計測データ欠測

※ 台風9号通過中に行われた巡視点検時、ローターの遊転  
が目視で確認されている

※ 台風9号通過後、ナセル方向が北方向(10~15° 前後)と  
なっているのを確認  
22:08以降、南東から南西方向に変化する強風によりナセル  
が押され方向が変化したものと推測される



22:10 46.7m/s  
風向 : 157.8°  
ナセル : 154.4°



台風通過後のナセル方向  
ナセル : 10~15°  
風向は南東から南西に変化

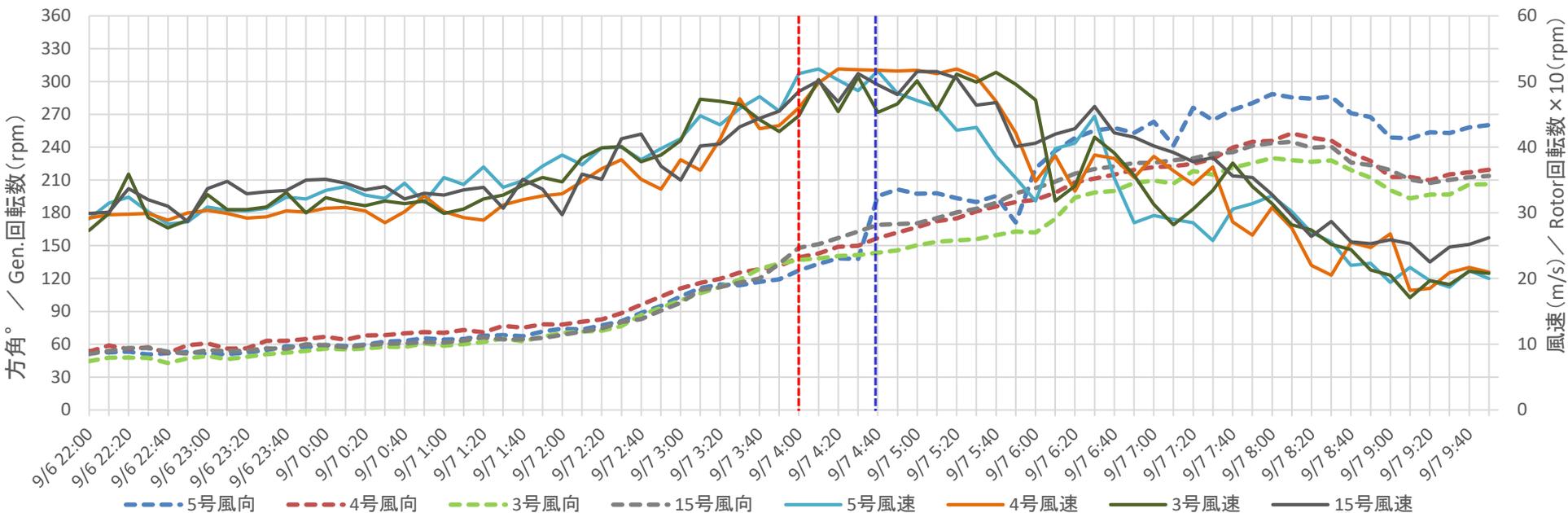
風車 前方 からの受風 (風車制御は正常)

強風にナセルが押されたと推測

# 計測データ分析 (7号機) 台風10号通過時

台風10号通過時、事故機のデータ欠測のため、事故機近傍風車のデータを参照した

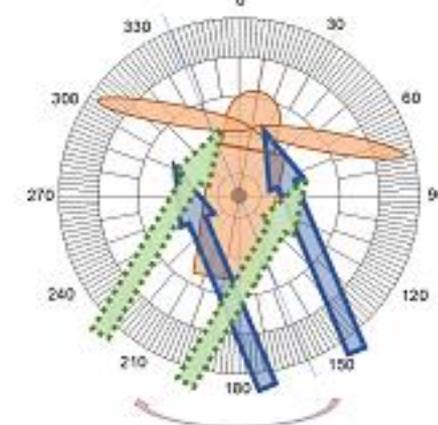
台風10号通過時 風向風速データ



台風10号通過時、事故機のデータ欠測のため、事故機近傍風車のデータを参照した  
7号機は台風9号通過後、ナセル方向:10~15° (ほぼ北方向)で停止していた

- 04:00~ 風速が強まったと思われる時間帯  
風向:150° ~
- 04:40~ 9号風車で45.2m/s (10分平均値での最大風速)を記録  
風向:180° ~

ブレードの飛散状況より、04:00~05:00 (風向:南南東~南)の時間帯にブレード破損に至ったものと推測される



台風通過時のナセル方向  
ナセル : 10~15°  
風向は南東から南西に変化

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 7号風車 台風9号通過時の状況

7号機は2020年9月25日から予定されていたギアボックスの交換作業のため、ギア破損防止のためローターロック、およびブレーキをかけ保安停止中であった

・他のブレード折損機と異なり、9/2 22:00のデータ欠測までの間に、ナセルと風向の開きは無し

・20:10 Rotor RPM データで 回転数:1を記録直前に、最大瞬間風速37.3m/sを記録

・ローターロックピン破損により

・ローターロックピンが破損するほどの強風を受けたため、風車～サーバー間の通信が頻繁に途絶する障害が発生

制御コントローラダウンの 22:08 までの計測データが記録されているが、制御コントローラダウンに至るエラーは記録されていない。

制御コントローラダウン直前のデータは以下の通り  
ナセル方向:154.4° 風向:157.8° (正常に追従動作)

台風9号通過後の点検時のナセル方向:10~15° (北)

22:08~翌朝の台風通過までに、南東から南西方向からの強風により、ナセルが 140° 程度押し動かされ、この際にヨーウォームギアが破損したものと推測される。

## 設備被害

※ 7号機ブレードに異常なし

① ローターロックピン破損

② メインベアリングハウジング破損

③ 通信障害復旧を試みるも復旧に至らず  
22:08 制御コントローラダウン

台風通過後に行った巡視でのブレード目視点検ではブレードに異常は見受けられず。

ナセル内点検では以下の不具合が確認された  
・ローターロックピン/メインベアリングハウジング破損  
・ブレーキキャリパー他関係部品破損  
・ヨーウォームギア破損

# ブレード折損に至る推定シナリオ

## 7号風車 シナリオ（推定）

7号機は台風9号通過後、ヨーウォームギア破損により、ナセル方向は10～15°（北北東）で**固定状態（ヨーイング不可）**

計測データについてはサイト内近傍の風車データを参照した

・9月6日 13:40より、サイト内の風速:20m/sを超え始め、18:50頃に25m/sを超え、風雨が強まる  
風向:60°（北東） ナセル前方からの受風

・9月7日 03:00頃  
サイト内風速:30m/s超(10分平均値)  
最大瞬間風速:44.8m/s  
風向:90～100°（東） ナセル真横からの受風

・9月7日 04:40  
サイト内最大風速:45.2m/s(10分平均値)  
最大瞬間風速:51.9m/s  
風向:150°（南東） ナセル斜め後方からの受風

## 設備被害

**ナセルに対し90°の横風から斜め後方の強風を受けブレードが破損した**

# 事故原因分析

評価 ◎:可能性大 ○:可能性あり △:可能性小 ×:可能性なし

| 要因 | 原因   | 内容           | 評価 | 評価根拠   |
|----|------|--------------|----|--|
| 設計 | 設計不良 | 設計仕様を満たしていない | △  | 設計時の想定設計風速(44m/s)を考慮し IEC Class 1A(50m/s:10分平均風速)の仕様機種となっている。風車が健全な状態であれば閾値を超えない風速には耐えうる。<br>IECの認証エディションについては、メーカーに問い合わせたところ、IEC 61400-1 ed.2 (1999)であることが確認できた |
| 製造 | 製造不良 | 製造品質を満たしていない | ×  | 製造・出荷時の試験成績表や構造図は入手不可だが、出荷前のブレードバランステストの立会時報告書が残っており、出荷前の問題点は報告されていないことより、主因では無いと判断  |
| 環境 | 風況異常 | 過大風速(台風)     | △  | 設計風速:50m/s(10分平均風速)に近い48.8m/s(10分平均風速)を計測<br>それを正対していない状態での受風  |
|    | 落雷   | 落雷情報確認       | ×  | 台風襲来前後の落雷情報を調査したが、風車への落雷は確認されず   |
|    | 外的衝突 | 飛来物衝突        | ×  | 現状で、タワー・ブレード等に飛来物衝突の痕跡は確認されず   |
| 運転 | 制御異常 | ヨー制御異常       | ◎  | 強風によりナセル方向が風向に対し追従できていない<br>ヨーウォームギア内部のクラッチ板の破損が原因と判断  |
|    |      | ピッチ制御異常      | ◎  | 強風とナセル方向異常によりピッチシリンダが破損した  |

# 事故原因分析

評価 ◎:可能性大 ○:可能性あり △:可能性小 ×:可能性なし

| 要因 | 原因   | 内容         | 評価 | 評価根拠  |
|----|------|------------|----|---|
| 保守 | 点検内容 | ブレード点検     | ×  | 定期点検をはじめ、日常点検、月次点検等の運転開始からの点検記録に、今回の事故の直接の原因となり得る特筆すべき異常は無し   |
|    |      | ピッチシリンダ点検  | ×  | 定期点検をはじめ、日常点検、月次点検等の運転開始からの点検記録に、今回の事故の直接の原因となり得る特筆すべき異常は無し   |
|    |      | ヨーウォームギア点検 | ◎  | ヨーウォームギアについては、風車1年点検時にトルクリミッタの点検、半年毎点検時には、動作時の異音確認等を含む点検を行っているが、 <b>内部のクラッチ板の目視点検</b> は行っていない       |
|    | 補修内容 | ブレード補修     | ×  | 年間4～5機の計画的な定期補修と、日常点検、月次点検等で異音等が確認された際や、落雷等で異常が確認された場合には、定期補修とは別に臨時点検、および補修を都度行っており、補修履歴も管理された状態にある |
|    |      | ピッチシリンダ補修  | ×  | 故障や異常が発見された場合は保安停止し、部品交換や修理を行い健全性の確認を行っている  |
|    |      | ヨーウォームギア補修 | ○  | 故障や異常が発見された場合は保安停止し、部品交換や修理を行い健全性の確認を行っているが、 <b>内部クラッチ板の目視点検</b> は行っていない状態であった                      |

## 事故原因として

- ① ヨーウォームギアのクラッチ板摩耗・破損によりナセル方向が風向に追従できず
- ② ナセルが風向に正対していない状態での台風による強風受風により
- ③ ピッチシリンダが破損し、ピッチ角の制御を失った状態で強い横風及び後方からの風を受けブレードが破損に至ったものと推測される

# 的山大島風力発電所における点検・検査実施状況

## ① 定期点検の項目・頻度

「電気事業法施行規則第94条の3第1項第1号及び第2号に定める定期事業者検査の方法の解釈(20170323商局第3号平成29年3月31日)」に準拠した「定期点検チェックリスト」を用いて実施  
定期点検として半年毎(半年点検・1年点検)を行い、記録を保存

## ② 定期事業者検査

年1回、電気主任技術者が検査要領書に基づいて、定期点検記録(1年点検・半年点検)の記録を検査し、定期事業者検査記録書として記録を保存

## ③ 安全管理審査

直近の受審は2018年3月28日であり、評定は『良』判定であった

他に、日常における巡視点検、月次点検、落雷発生後の特別巡視点検等を都度行い記録を保存

## ブレードの点検・補修について

風車ブレードの点検については、日常における目視点検が主であるが、落雷発生時やブレードの異音等の場合には、望遠レンズ付きカメラやドローンによる撮影を行い、ブレード表面異常の有無を確認

ブレード補修については、年間4～5機程度の計画補修、及び落雷や点検時に不具合が確認された場合の臨時補修を行っており、ブレード破損機の直近の実施状況は以下の通り

7号:2018年(計画補修) 8号:2019年(計画補修) 13号:2019年(計画補修) 16号機:2016年(計画補修)

他には、2017年度より開始の定期事業者検査の項目にある、3年毎のレセプタ導通試験もあり、ロープワーク等での点検も計画し、順次実施している