

与那国風力発電所の事故について ～H27年台風21号による被害とその原因について～



沖縄電力

与那国風力発電設備の概要



表1. 風力発電設備概要

使用開始年月	平成14年3月
定格出力	600kW×2基
定格風速	1号:15m/s 2号:13.5m/s
ロータ直径	1号:40.0m 2号:44.0m
ナセル高	46.0m
風車規格の風条件	1号:クラスⅠ 2号:クラスⅡ
風向風速計仕様	耐風速:100m/s

(設計指針)

風技、1999年に制定された風力発電規程(JEAC)第2-3～2-6条、2000年6月改正前建築基準法(+沖縄県条例 第3章第9条)を使用した。

(風力係数)

基礎荷重を計算することを主目的として、風車メーカー国内代理店が設定した以下の値を当時採用した。

①タワー部:0.7

②ナセル部(正面,横とも):0.7

③ブレード:0.9

※当時の風技や風力発電規程(JEAC)にこの数値を指定する記載はないため、機械工学便覧等に記載の物体形状ごとの抗力係数を参考に設定したものである。

(風圧係数)

局所的な風圧係数については、建設当時、これを用いた評価が要求されていなかったこと、また、必要性も予見していなかったことから、メーカーに対する確認や調査含めて実施しておらず、不明。

(風車1・2号機ブレードクラスⅡ採用の経緯)

当該風車は、小規模電力系統(与那国)に風力発電設備と蓄電池を導入し既存供給力電源(ディーゼル発電)と組み合わせたハイブリッドシステムの実証試験を行うことを目的とした研究設備として設置した。

風車もそれに適した機種を選定しており、設置当時のE40/600kWは、クラスⅡのみであったことから、当該クラスのブレードを採用した。なお、風車を建設した2001年当時は、風技・建築基準法の改正前で、現在と比較して台風被害の実例も少なく、許認可においても、当時は問題が生じなかった。

(風車1号機ブレードクラスⅠへの変更について)

1号機のブレードは2006年の台風時に3枚のブレードが損壊した。取替にあたっては、クラスⅠブレードを採用したが、その際クラスⅠブレードが過去に宮古島で経験した87.1m/s(3秒平均)の最大瞬間風速に対して耐えることを風車メーカーのENERCONが評価している。なお、1号機のブレード取替時に評価した87.1m/s(3秒平均)を簡易的に基準風速に置き換えると、クラスⅠより10m/s以上強い87.1/1.4=62.2m/sとなる。

「風車規格の風条件(IEC61400-1)」

Wind turbine class	クラスⅠ	クラスⅡ	クラスⅢ	クラスⅣ
基準風速(m/s)	50	42.5	37.5	30
極値風速(m/s)	70	59.5	52.5	42

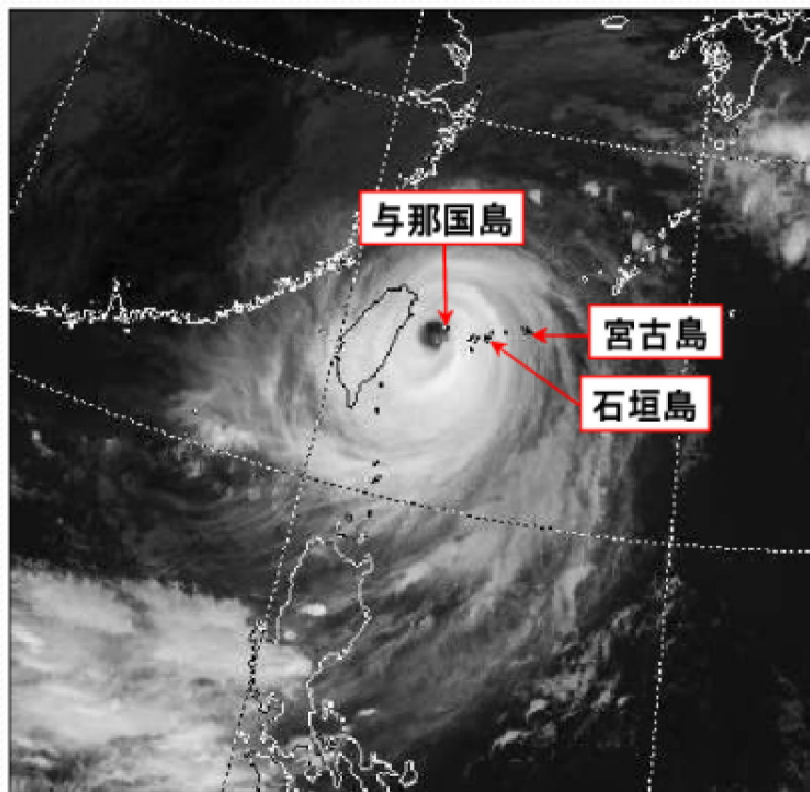
台風21号の概要

☆与那国島暴風域 平成27年9月27日12時頃～ 29日09時頃

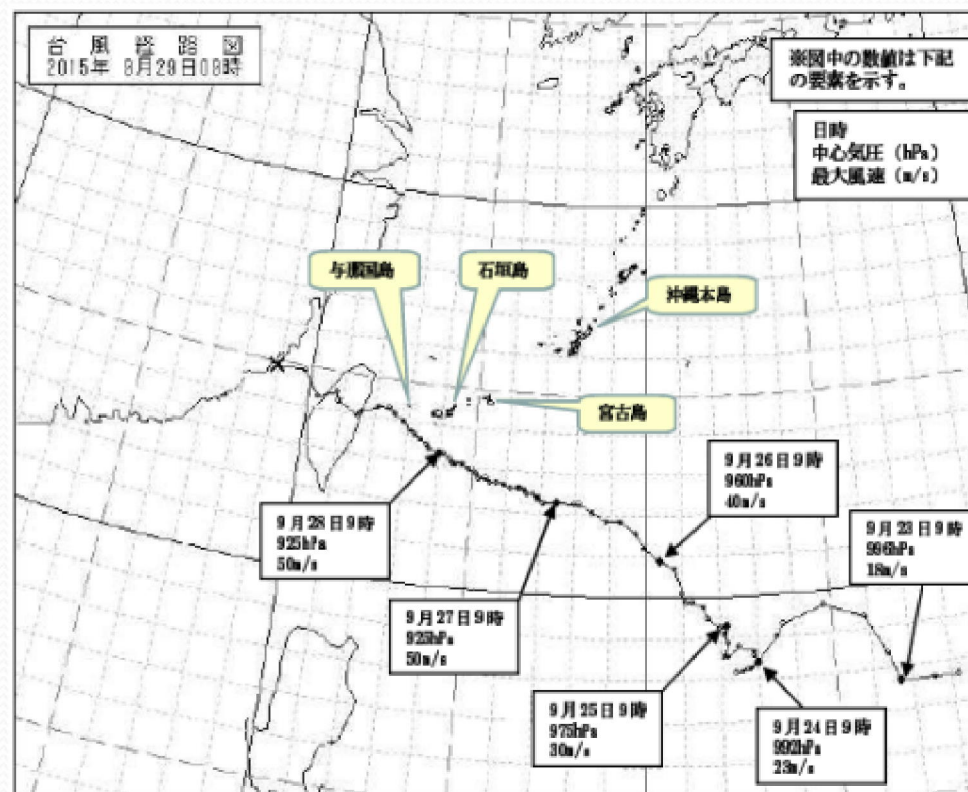
☆中心気圧:925hPa

☆最大瞬間風速:81.1m/s(平成27年9月28日 15時50分)

(全国観測史上4番目に強い風速)



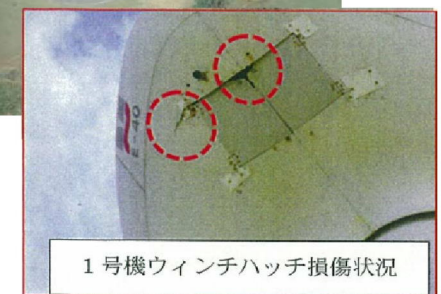
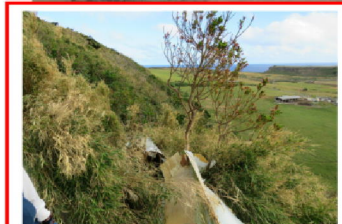
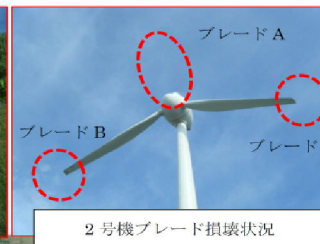
気象衛星画像（赤外）2015年9月28日16時



台風第21号経路図 (2015年9月29日09時現在 速報値)

台風21号による 与那国風力発電設備被害状況

- ・ブレードA ブレードフランジ部から約3mの位置で折損 2号機から西へ約260m位置で確認
- ・ブレードB ブレード先端から約3.4mの位置で折損 2号機から西へ約500m位置で確認
- ・ブレードC ブレード先端から約3.4mの位置で折損 2号機から西へ約120m位置で確認
- ・2号機のナセルカバー破損箇所に飛来物の打痕が確認された。



ブレード破損原因 ～風の変化～

沖縄電力株式会社 殿
 沖縄新エネルギー開発株式会社 殿
 与那国新エネルギーハイブリッド発電設備 第2号 600kW 風力発電機
 台風21号時風速風向



ブレードB 飛散位置

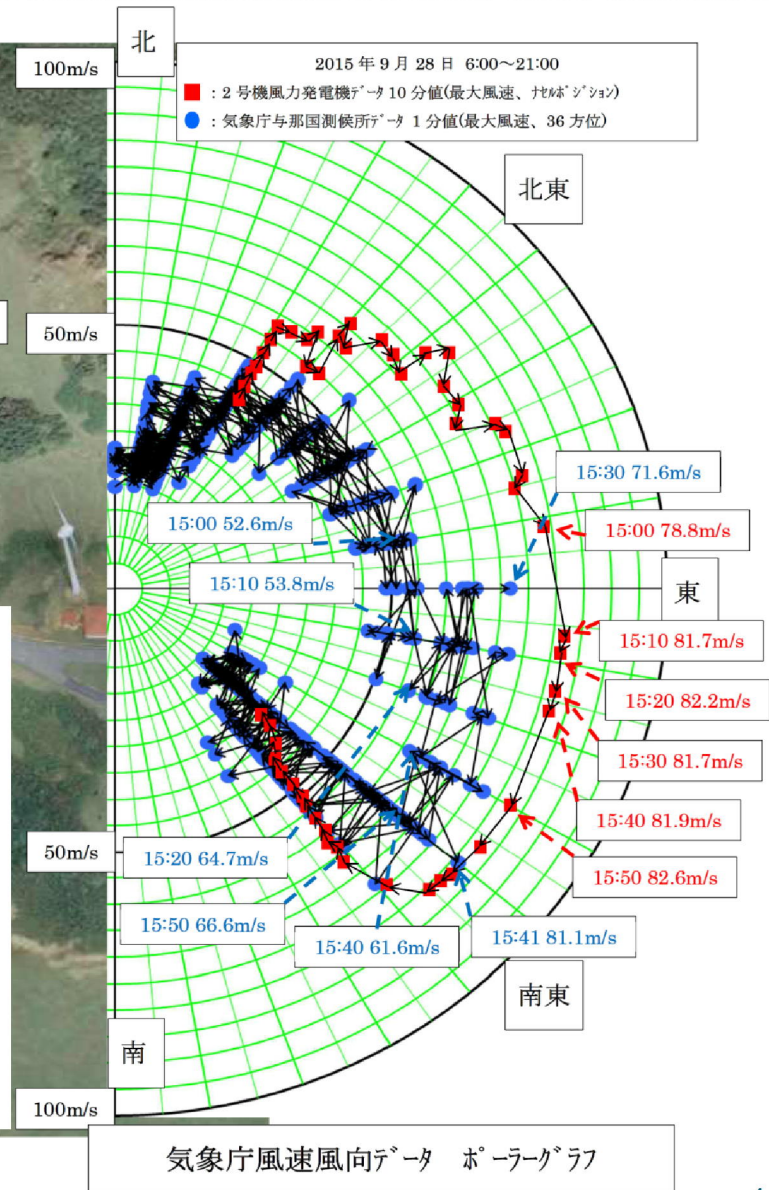
ブレードA 飛散位置

ブレードC 飛散位置

(暴風時の風向とナセル向きの偏差及びヨー制御エラー発生の有無について)

①(一財)気象業務支援センターより地上気象観測データ1分値(与那国気象観測所)を入手し、前回提示したグラフのデータ置換え(10分値→1分値)を行ったところ、概ね同方位の傾向は示しており(右図ポーラーグラフ参照)、風車のヨー制御は適正に行われていたものと評価する。

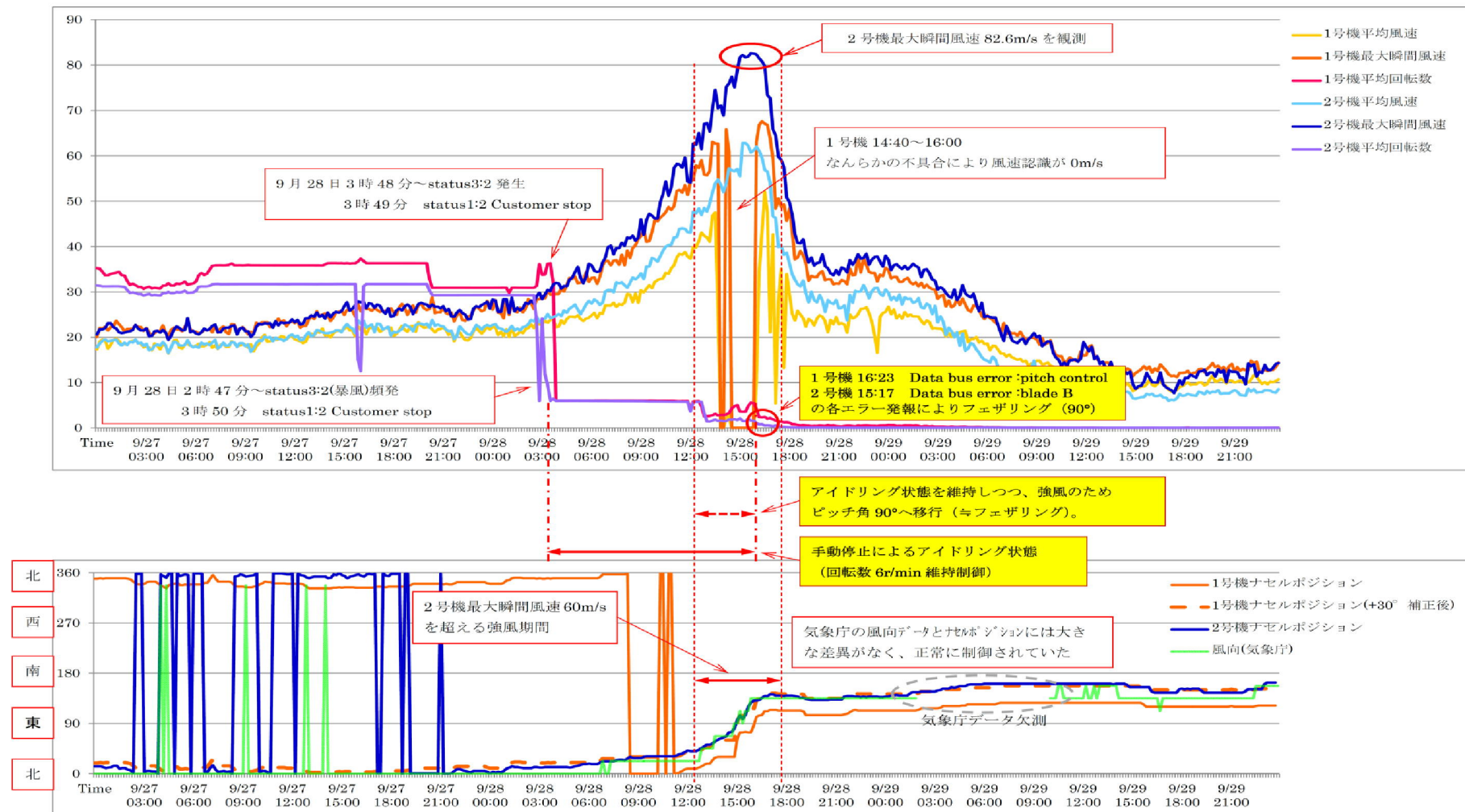
②ナセル向きとナセル上計測の風向について、前者はデータとして残っているが、後者はデータが蓄積されないため、両者間でどの程度の偏差が生じたかは確認できない。しかし、当該風車はナセル上計測の風向とナセル向きが1分間に 8° 以上の偏差を生じるとヨー制御を行い、ヨー制御エラーは偏差が長時間改善されない場合に発報される。今回、ヨー制御エラーは発生していないことから、ヨー制御は適切に行われていたものと評価する。



ブレード破損原因 ～ピッチ制御・ヨー制御～

過去データを分析した結果、日常的に1・2号機のナセル向きデータに30°の差異があることが確認できました(頁7参照)。

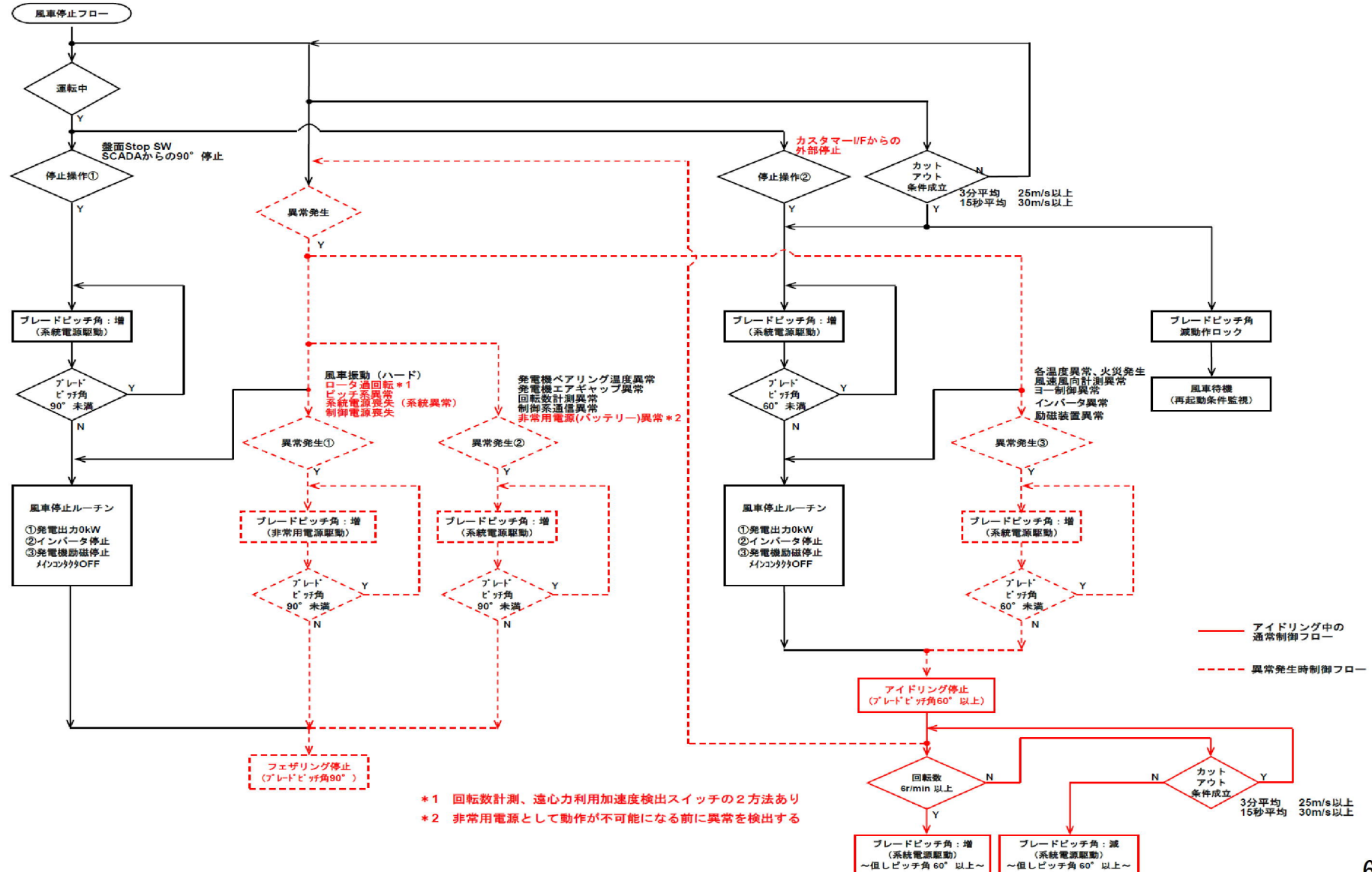
この誤差を考慮し、事故時のデータについても1号機のナセル向きデータを+30°補正したところ、気象庁による風向データと1号機および2号機のナセル向きは概ね一致している(下グラフ参照)。



ピッチ制御におけるフロー図

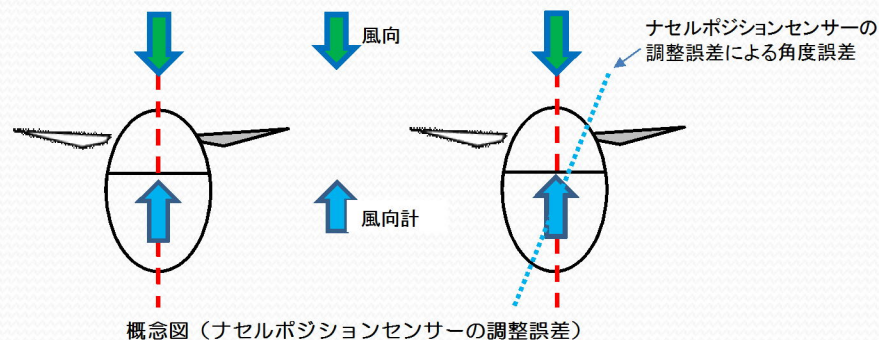
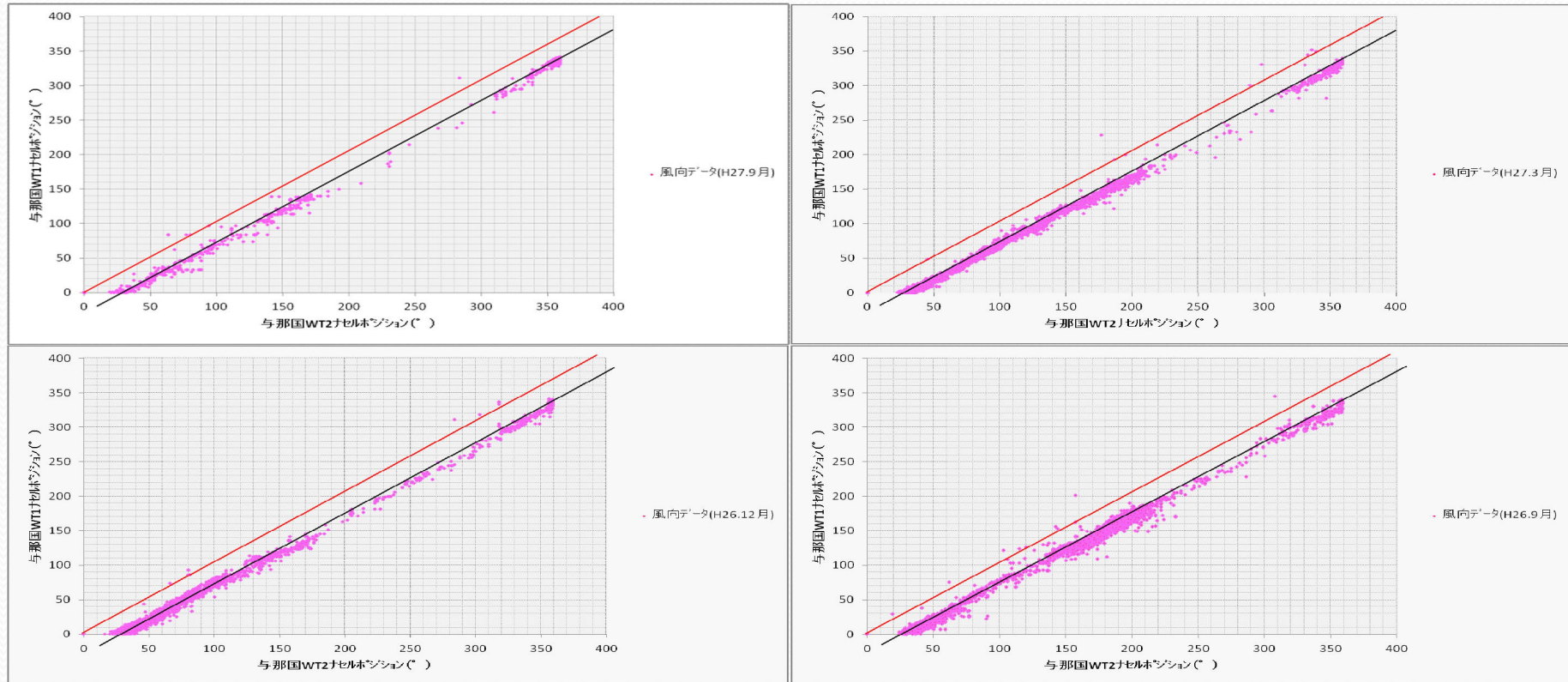
平成27年9月28日の台風襲来時、『風速25m/s以上-カットアウト予告』警報発報により、風車を手動停止した。
その後のアイドリングからフェザリングへの移行は、以下フロー図のとおり制御したものと考える(風車メーカー提示フロー図)。

◆風力発電機 停止にかかわるフロー図



1・2号機ナセル向きの“ズレ”について

1・2号機のナセル向きを比較したところ、1号機は2号機に比べ $+30^{\circ}$ （時計回りで 30° ）進んでいる。現地にて、方位磁石を用い1号機のナセル向きを確認したところ、ナセルポジションセンサーの調整誤差を確認した（概念図（ナセルポジションセンサーの調整誤差）参照）。



まとめ ～ 風車2号機被害・原因及び再発防止対策 ～

クラスⅡ風車の耐風速(2号機)

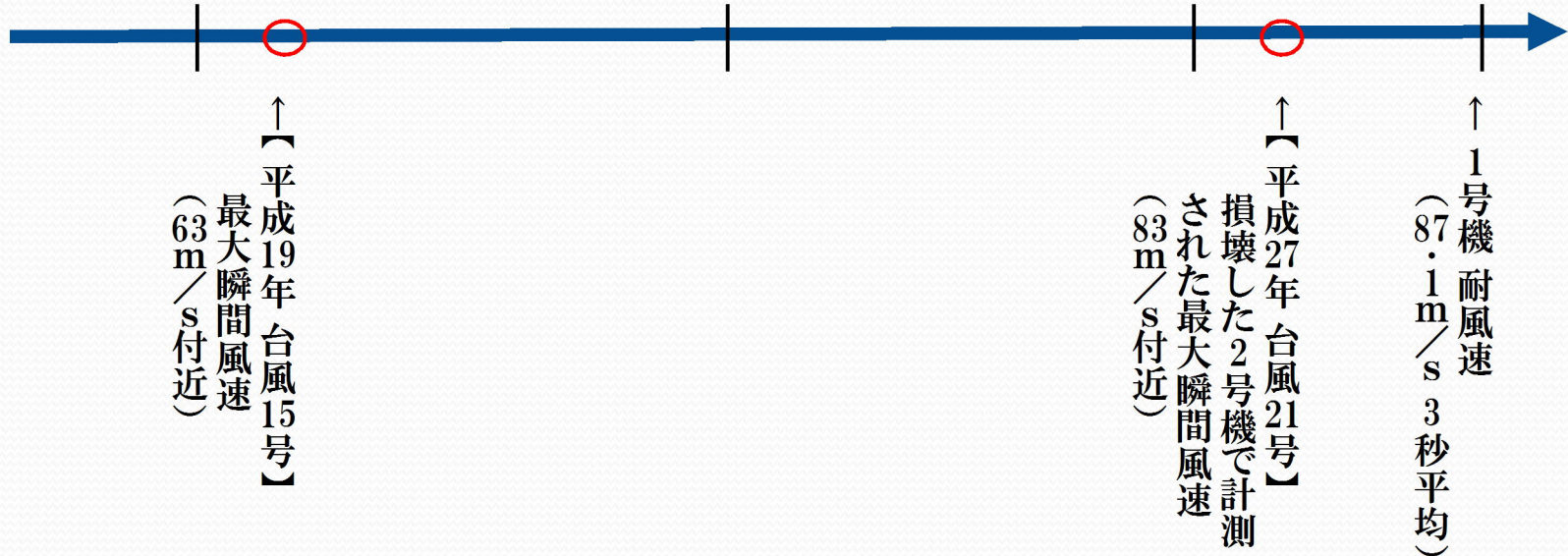
59.5m/s

クラスⅠ風車の耐風速(1号機)

70m/s

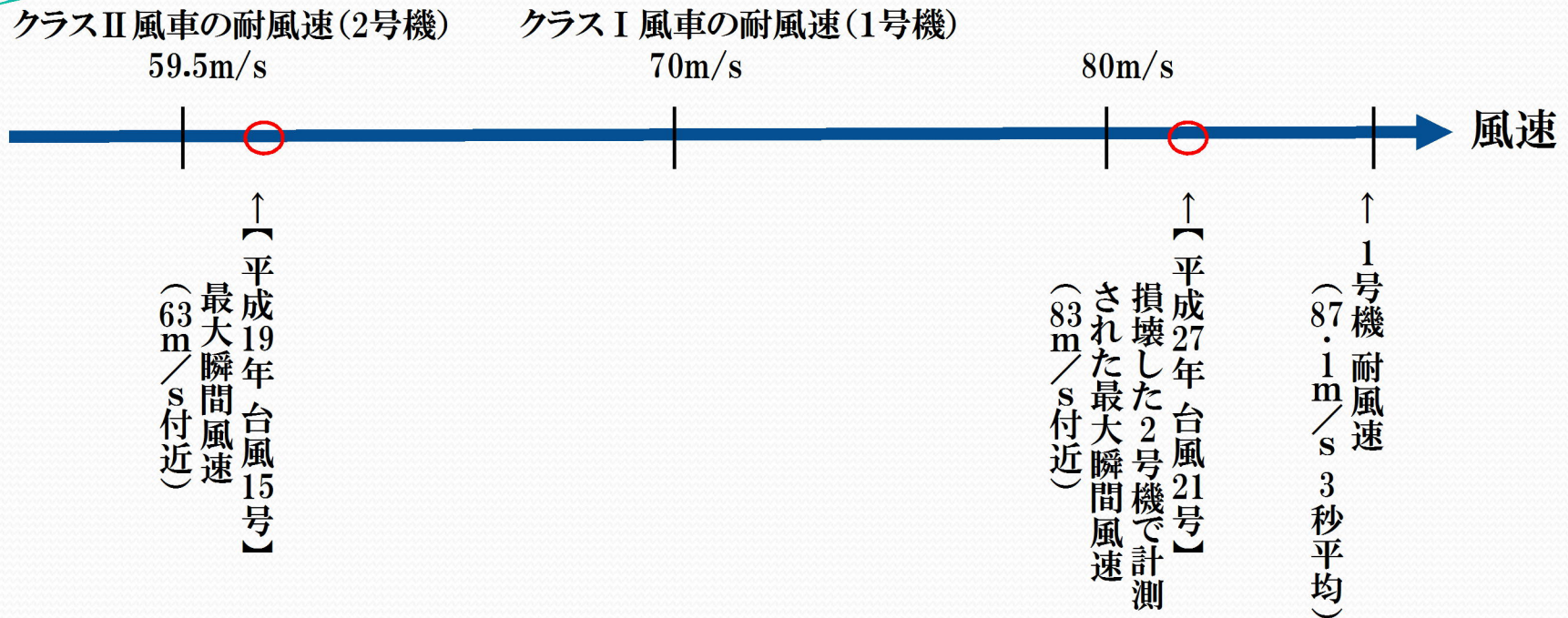
80m/s

風速



	被害	原因	再発防止対策
風車2号機	ブレード3枚が損壊した。	クラスⅠ耐風速以上の風が吹いたため、クラスⅡの2号機は耐力が不足していたことによる。 (過去の風車倒壊(H14宮古)で得られた対策により、系統は停電したものの非常用発電機が自動起動し、常時ヨー制御を行い風荷重を低減したが、クラスⅡのブレードが今回の台風には耐えられなかった。)	復旧に要する費用と設置後14年経過に伴う設備老朽化を勘案し、平成28年3月16日に廃止した。

まとめ ～ 風車1号機被害・原因及び再発防止対策 ～



	被害	原因	再発防止対策
風車1号機	ナセル後部のハッチ部分が損傷した。	ハッチとナセルの隙間から吹き込んだ風による。 ①ハッチ開口部の老朽化 ②ハッチ開口部四隅への応力集中 ③暴風によるハッチばたつきによる繰り返し荷重	①、②の対策として開口部四隅を補強する(ナセルハッチ開口部に合わせたSUS棒を製作・設置し補強)。 ③の対策としてハッチ扉に門の設置を行う。

☆1号機はブレード取替時に風車メーカーのENERCONが行ったシミュレーション結果において、耐風速が 87.1m/s (3秒平均)であることを確認しており、設計風速以下ブレードの被害は無かった。

1号機ナセルハッチ部の補修内容

