# 番屋風力発電所 5号機風車ブレード破損事故について

2020年 11月 株式会社鹿児島風力発電研究所 番屋風力発電所

# 目 次

- 1. 番屋風力発電所概要
- 2. ブレード仕様
- 3. 事故発生時の気象状況
- 4. 事故発生時の運転状況
- 5. 事故確認時の5号機風車ブレード状況
- 6. 損傷ブレード飛散方向/状況
- 7. 事故時風速状況
- 8. 事故原因検討
- 9. 事故原因推定
- 10. 再発防止対策

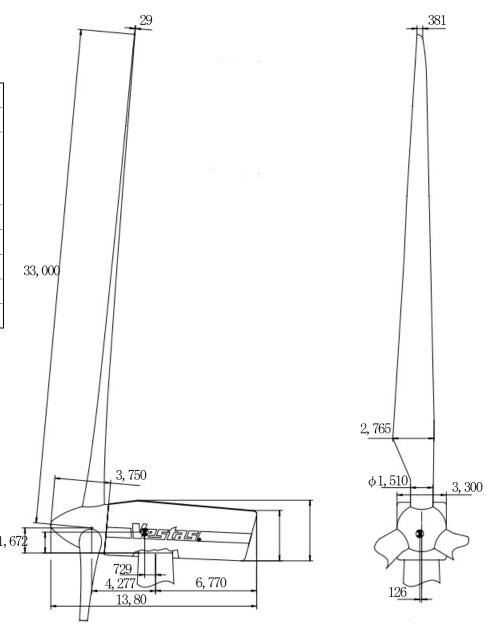
# 1,番屋風力発電所 概要

設置者名	株式会社 鹿児島風力発電研究所							
発電所名	番屋	番屋風力発電所						
出力	発電	発電所出力 17,500kW (1,750kW×10基)						
種類	アッ	アップウインド						
製造者 型式	VE	VESTAS V66型						
回転数	21.	21.3 rpm						
<b>ロ. カ. 並一</b>	ブレード長さ		ブレード枚数 ブ		ブレード材質			
ローター諸元	32.15m 3枚 ガラス繊維強化エポキシ							
ロータ取付位置	地上	地上高 67 m						
風車支持物	鋼製チューブラータワー							
	Class I							
IEC Wind Classes		Reference Wind	Speed : 50m	/s	50-year Return Gust	:70m/s		
		Annual Average	Wind Speed (Max) :10m/	s	1-year Return Gust	: 52.5m/s		
運転開始年月日	運転開始年月日 平成16年3月1日							

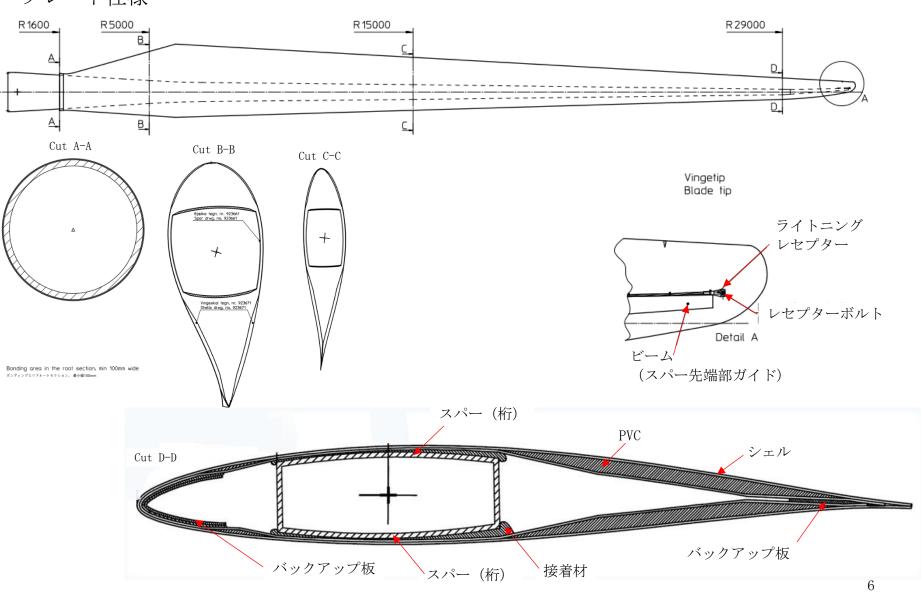
# 番屋風力発電所 位置図 鹿児島県南さつま市坊津町 事故対象機 (5 号機)

# 2, ブレード仕様

製造者	VESTAS
型式番号	VESTAS 32 m
材質	ガラス繊維強化エポキシ(ブレードシェル)
	ガラス繊維強化エポキシ(ブレード梁)
	ステンレス鋼インサート(基部取付部品)
表面	ポリエステル・ゲルコート
色	RAL9010、RAL2004
全 長	32.15m
最大翼弦	2,765mm
重 量	3,800kg

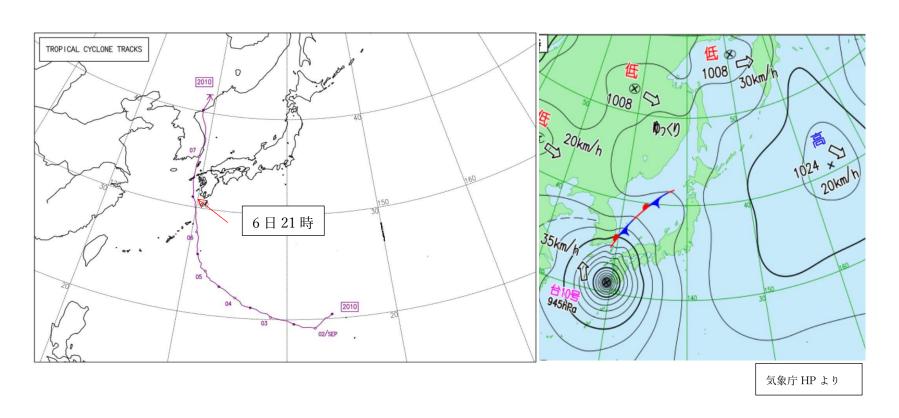


# ブレード仕様



# 2. 事故時の気象状況

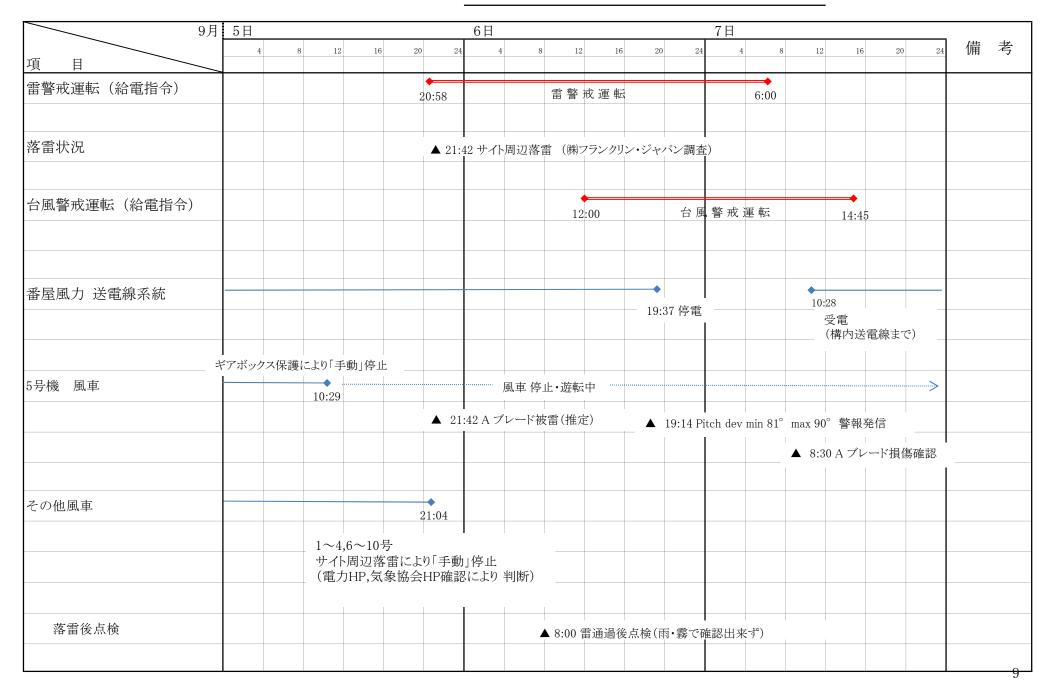
事故時は、9月1日に発生した台風10号が、6日から7日にかけ沖縄大東島地方から奄美地方に進み、九州地方へ接近して通過していた。 予想されていた特別警戒級とならなかったものの大型で非常に強い勢力で接近したため、暴風が吹き荒れ、近くの枕崎市内では大規模な 停電も発生した。番屋風力発電所へは、6日21時頃最接近し、7日9時には朝鮮半島に上陸した。



# 4. 事故発生時の運転状況

月日	時刻	全 般	5号機 風車(事故機)
9月5日		発電所 系統連系中、全風車通常運転中 (台風10号接近中)	
	10:29		5号機 風車 荒天(強風)のため手動停止 (ギアボックス歯面損傷保護の為)
	20:58	「雷警戒運転」発令(給電指令:携帯メール受信)	
	21:04	サイト周辺落雷確認のため 全風車手動停止 (九州電力落雷情報HP及び気象庁HP情報確認)	
	21:42	サイト周辺落雷 (㈱フランクリン・ジャパン 事後調査による) * これ以降 サイト周辺には落雷は観測されていない	5号機周辺へ落雷
9月6日	8:00	雷通過後点検の為入構  → 雨・霧で ブレード・ナセル見えず、実施せず	風車停止中
	12:00	「台風警戒運転」発令(給電指令:携帯メール受信)	(遊転中)
	19:14	(落雷の発生はない:㈱フランクリン・ジャパン調査)	5号機 風車 Pitch dev min81.0° max90.1° 警報発信 (ブレード破損と推定)
	19:37	九州電力送電線停電により、構内停電	5号機 風車停電
9月7日	6:00	「雷警戒運転」解除(給電指令:携帯メール受信)	
	8:30	構内機器被災状況 点検開始	
	9:30		5号機 風車ブレード破損確認
	10:28	番屋 連系設備 受電(構内送電線まで)	
	14:45	「台風警戒運転」解除(給電指令:携帯メール受信)	₩

#### 事故発生時の運転状況

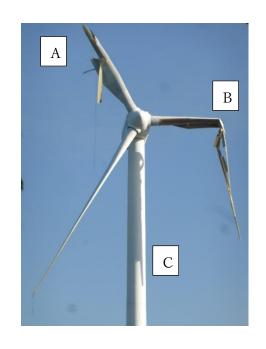


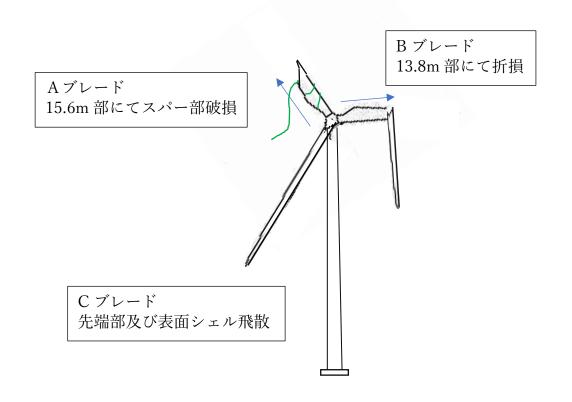
#### 5. 事故確認時の5号機 風車ブレード状況

事故確認時の5号機風車ブレード状況を示す。

写真のように、A ブレード先端が折損し飛散、B ブレード先端も折損、垂れ下がった状態であった。 C ブレードは、シェル表面が剥がれて飛散した状態であった。

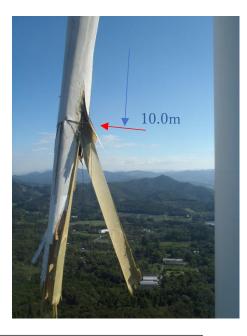
尚、5号機以外の風車には、被害はなかった。



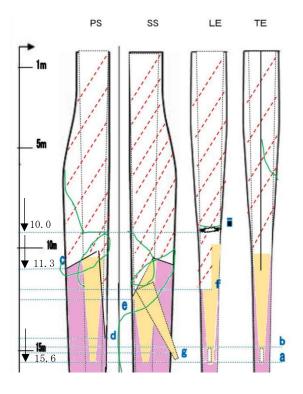


#### Aブレード状況





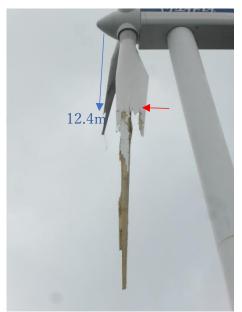
ブレード損傷後、強風で左右に振られ スパー (補強材) のねじれが発生、損傷している (10.0m 付近) また、被雷ケーブルが巻き付いている (露出部全長 29m)



ブレード飛散部

ハブ側から距離	状	况
a 15.6m	スパ部 部分折損	
b 14.8m	スパ部 部分 折損	
c 11.3m	ps 赤斜線点線部	ラミネート部分残骸
d 15.0m	ps 同上	ラミネート部分残骸
e 13.5m	ss 同上	ラミネート部分残骸
f 13.0m	LE サイド	破断
g 15.6m	SS スパ部部分 裂け	剥がれ
h 避雷ケーブル	TE $7m \Rightarrow ps 10m$	巻付き ⇒ LE 10m
	⇒ SS 13m 巻付き	全長29m
I 10.0m	LE 部 避雷ワイヤー打	丁撃 破断

# Bブレード状況





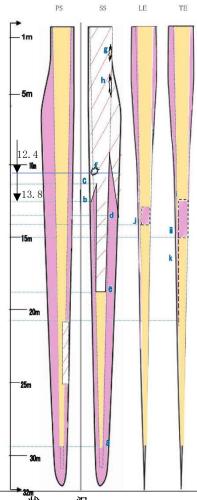
ブレード打撃によりスパー (ブレード補強材)の損傷を確認



ハブ側より 12.4m 付近に ブレード打痕を確認



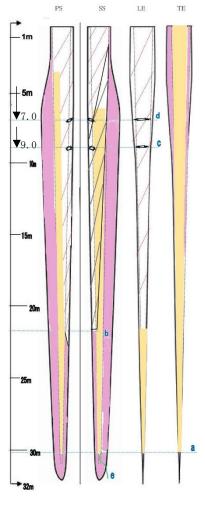
	ブレ	ード飛散部 30m
ハブ	側から距離	状 況
a	<b>29</b> m	スパ部 29m部分で折損
b	<b>13.8</b> m	ps /// 赤斜線点線部 ラミネート部分残骸
С	<b>11.4</b> m	ps 同上 ラミネート部分残骸
d	<b>14.5</b> m	ps 同上 ラミネート部分残骸
е	18.5m	ps 同上 ラミネート部分残骸
f	<b>12.4</b> m	ps ラミネート部分 打撃部
g	3.5m	ps ラミネート部分亀裂部
h	<b>5.5</b> m	ps スパ部とラミネート部 剥離
i	13.8m	LE スパ部開口剥離部
j	15m	LE スパ部開口剥離部
k	<b>21</b> m	LE スパ亀裂部 L <sup>=</sup> 6m



# Cブレード状況



表面シェルの殆どが 剥がれて飛散している



ブレード飛散部





ハブ側より 9m 付近に打痕を確認

ハブ	<b>削から距離</b>				状	況		
a	<b>30.5</b> m	スノ	श	折損				
b	<b>22.0</b> m	ps	SS	7//	赤斜絲	<b>!点線部</b>	ラミネー	ート残骸
С	9.0m	Le 🕏	部	打擊跡				
d	<b>7.0</b> m	Le 🕏	部	打擊跡				
е	<b>30.5</b> m	避雷	ケ	ーブル	30.5 m	スパ部よ	り全長さ	2.75m

#### 回収したAブレード先端部状況



LE (Leading edge) 側先端部に落雷による破損(噴破)が確認される。塗装部付着物を指でなぞるとスス状のものが付着したことから 今事故のものと判断する。



B ブレード先端



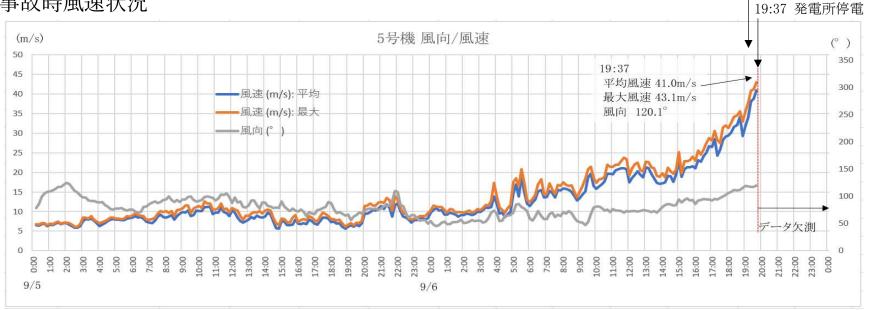
C ブレード先端

B及びCブレード先端には、雷痕等の 異常は認められない



19:14 Pitch dev 警報発信 (ピッチ角異常)

# 7. 事故時風速状況





# 8. 事故原因検討

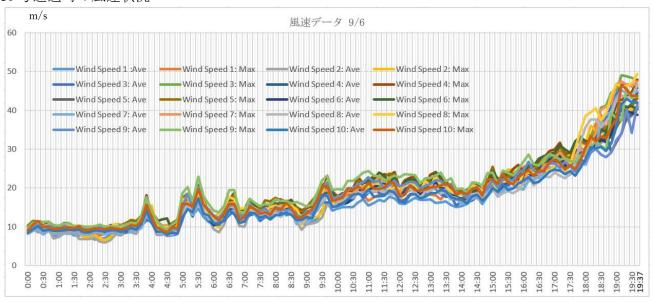
事故原因について、以下の項目を検討した

- ① 台風による強風の影響
- ② ブレードピッチ制御の状況(SCADA データより)
- ③ YAW制御の状況
- ④ 停電による影響
- ⑤ ロータ回転数状況 (SCADA データより)
- ⑥ 保守・点検状況
- ⑦ 落雷による影響

#### ① 台風による強風の影響

特別警戒級とはならなかったものの大型で非常に強い台風10号が接近・通過中であったが、下記グラフに示す通り、風車への設計値を超える風速ではなかった。

また、各風車 最大風速 45m/s 程度は吹いていたが、いずれもブレード等への被害はなかった。



台風 10 号通過時の風速状況

#### 10 分平均最大風速 (m/s)

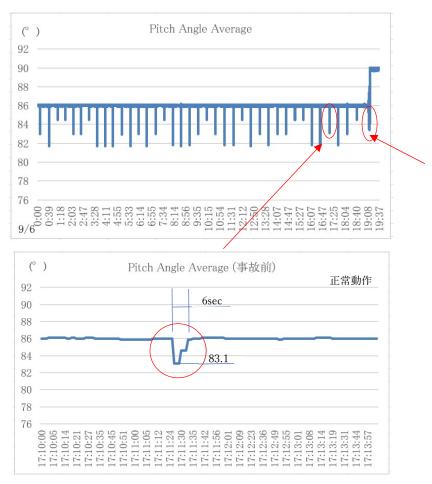
1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号	9号	10号
42.0	46. 4	47.9	47.9	43. 1	40.3	47.4	49.5	43.7	43. 7

(停電前 19:37)

#### ② ブレードピッチ制御の状況 (SCADA データより)

風車は、停止時、ブレードピッチ角は 86°に保たれ、運転時は、0°方向へ動き、発電・回転数制御を行う。事故前、風車停止中であり、ブレード自重、強風の影響で多少の動きはあるが、自動制御によりコントロールされている(約30分周期)。

19 時 12 分頃から同現象で自動コントロールしているが、何らかの外的要因で修正出来ず、3 枚のブレードピッチ角の差が許容値を超え、90 秒過ぎたため、19 時 14 分「ピッチ角異常」の警報を発信、風車異常時の待機ピッチ角度 90° へ移行している。



(グラフデータは A/B/C ブレードの平均値)



動いた後、自動修正。その後も修正継続

# → 修正不能

異常と判断し 90° へ移行

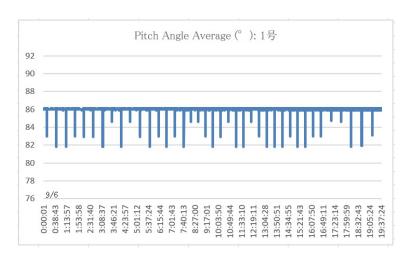
(19:14 Pitch dev min 81.0° max 90.1° 警報)

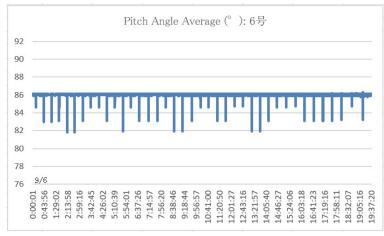
ピッチ制御装置に異常はない 外的要因によると考えられる \_\_\_ ブレード 異常 \\_\_\_\_

19

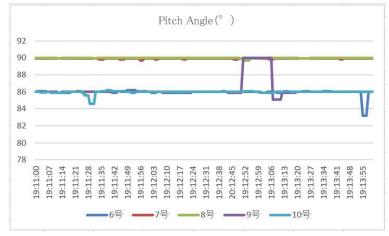
#### ブレードピッチ制御の状況

比較のため、同時間帯の他号機の ブレードピッチ制御の状況を確認してみた。 その結果、各号機共 正常に動作しているのが確認出来、事故機 5 号機のピッチの動作のみが、異常であることが確認出来た。





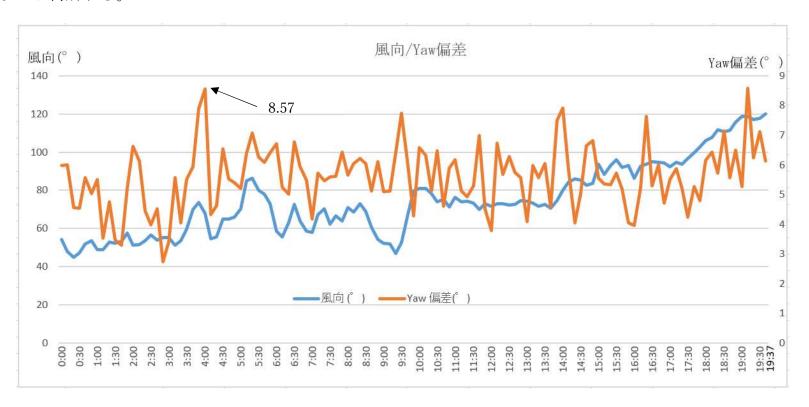




#### ③ YAW 制御の状況

停電前まで YAW 制御は、風向に追従して自動制御出来ており、YAW 偏差(風向と YAW のズレ)も<u>最大で 8.57°</u>であり問題ない。

また、停電後、YAW 自動制御無しで風向きが変化しているが YAW 本体に異常は無いことから、YAW 制御不良による事故ではないと判断する。



# ④ 停電による影響

停電によりデータ収集こそ行われていないが、風車に異常は認められない

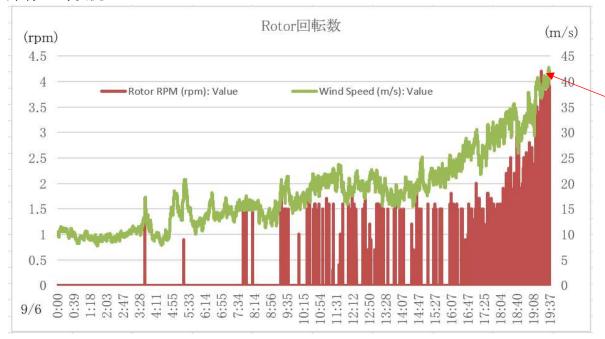
また、前述のYAWミスアライメントでも異常がない事から問題ないと考えられる

今事故が 受電していて、防げるものではなかったと判断する。

#### ⑤ ロータ回転数状況

事故前、風車は停止、遊転中であり、風速 15m/s 付近から遊転の頻度が多くなっているが、過回転の兆候は見られない。 また、事故確認時、5 号機風車廻りに飛散物が散乱していないこと、タワーに打痕が無いこと等からも、過回転ではないと判断する。

#### 風車停止時状況



最大: 4.2rpm (定格 21.3rpm)

#### ⑥ 保守・点検状況

- a)精密点検(1回/3年)及び臨時点検 (全号機実施)
  - 2015年4月点検 → ブレード表面等のクレーンを用いた点検・補修:事故に繋がる異常はない
  - 2017年10月点検 → ダウンコンタクタ、ブレード表面等点検: 異常なし
  - 2019年2月点検 → ブレード表面等のクレーンを用いた点検・補修:事故に繋がる異常は無い
  - 2020年点検予定(11月予定)であった
- b) 日常点検(1/週)

週1回のブレード目視点検では、電痕等は確認されず、異常はなかった

c) 落雷確認時等点検 (その都度)

周辺落雷確認の都度「手動停止」、雷通過後「目視点検」を行っているが、過去の点検では異常は確認されなかったまた、台風9号通過後(9月3日)点検しているが、異常は確認されなかった

9月5日の落雷後は、台風による雨、霧のため見えず、点検出来なかった

以上の通り、過去の保守点検では、今事故の要因となるような異常は確認されなかった。

#### (参考) 補修状況

- 2016年2月 4・6・8・10号機ブレード点検・補修(レセプター廻り雷痕)
- 2017年7月 5号機Aブレード点検・補修 (レセプター廻り雷痕 (TE側の雷痕)) \*今事故はLE側の電痕であり、事故原因に繋がるものではないと判断する。
- 2018年3月 10号機ブレード点検・補修(レセプター廻り雷痕)

#### ⑦ 落雷による影響

- ・ 9月5日21時頃にサイト周辺への落雷を確認している(九州電力落雷情報:HPにて確認)
  - → このため、21 時 04 分に **全風車手動で「停止」した**
- ・ ㈱フランクリン・ジャパン落雷解析データでも 21 時 42 分に サイト周辺への**落雷が証明**されている
- ・ 回収ブレードの先端に **雷痕、噴破が確認**された (飛散ブレード位置関係から A ブレードと判断)
- ・ 台風9号通過後(9月3日)の点検では、異常は確認されなかった

状況図

中心地点: 鹿児島県南さつま市坊津町坊

[ 北緯 31°16'28.919(31.275) / 東経 130°14'52.799(130.248) ]

調査範囲: 上記を中心とした 10.0km × 10.0km

調査期間: 2020年09月05日 21:15 ~ 2020年09月05日 22:15

#### 落雷解析データ

(㈱フランクリン・ジャパン提供)

中心地点:南さつま市坊津町坊(番屋風力発電所 5号機地点)

北緯 31° 16'28.919 (31.275)

東経 130° 14'52.799 (130.248)

調査範囲:上記を中心とした 10.0km×10.0km

右図で5号機地点(中心点:No.11)に於いて落雷が確認されている

日 付 2020/09/05

時 間 21:42:54

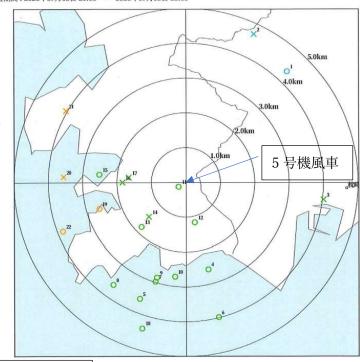
緯 度 31.274

経 度 130.246

電流値 38kA

中心からの距離 0.2km

内 容 雲放電



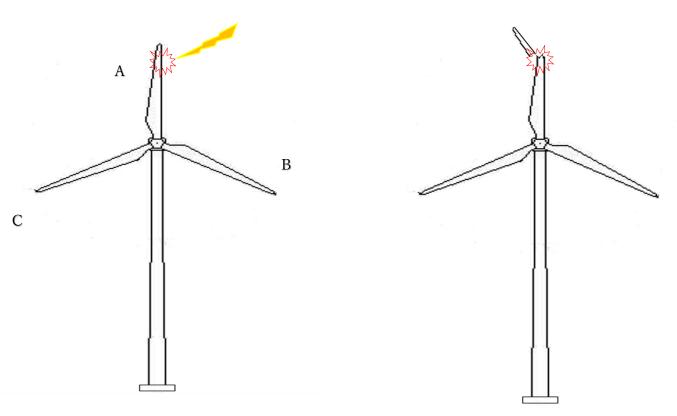
Aブレードに 9月5日 21時42分に落雷による損傷があったと判断する

#### 9. 事故原因推定

『事故原因検討』結果から下記の通り、以下のプロセスによって事故が発生したと推定する。

#### 1-9月5日 21時42分 落雷によりAブレード先端が被雷、損傷

9月5日21時42分、フランクリンジャパン殿調査に於いて落雷が確認されていることから、また、回収したAブレードと思われるブレード先端から雷痕、噴破の跡が確認されることから、Aブレード先端が被雷、損傷したものと判断する。



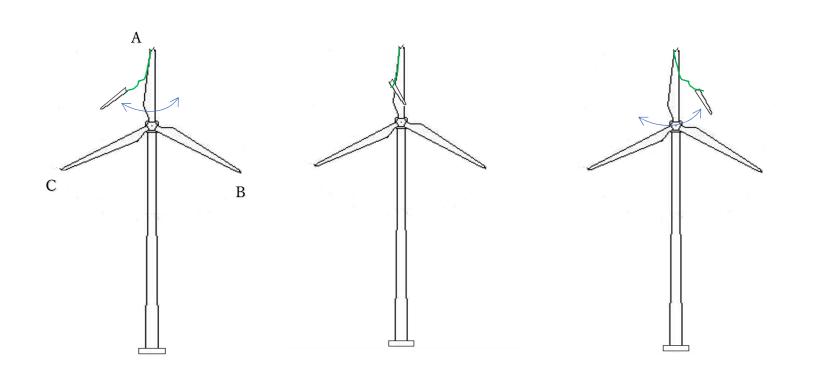
#### 2-9月6日 19時14分 台風10号接近により落雷損傷部が拡大、損傷

① A ブレード損傷部一部飛散、避雷ケーブルにより左右に振られる。

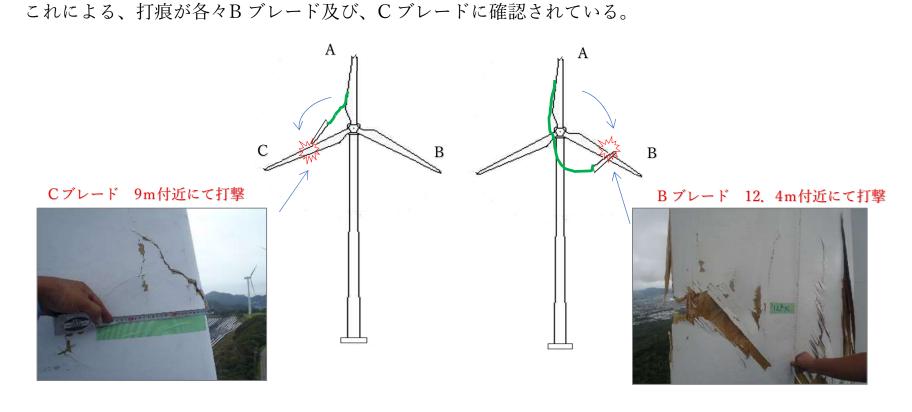
9月6日19時14分に ブレード位置(ピッチ角)に異常を示す「Pitch Dev min 81.0° max 90.1°」の警報が発信していることから、台風による強風のため、A ブレードの落雷損傷部が拡大損傷、一部飛散したものと推定する。また、被雷ケーブルに繋がったブレード損傷部が左右に捻じれ、被雷ケーブル固定部が徐々に損傷していき、ケーブル露出が長くなったものと推定する。

なお、この時間帯にはフランクリンジャパン殿の調査において落雷は確認されていないことから、この時間帯 の落雷によって損傷したものではないと言える。

27



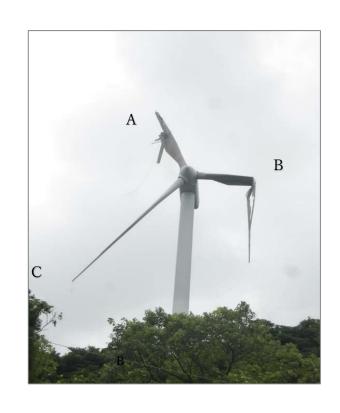
② A ブレードの飛散物及び残ったシェル・スパーが B ブレード及び C ブレードを打撃 ローターがゆっくりと遊転状態であった為、被雷ケーブルに繋がった A ブレード飛散物が B ブレード 及び C ブレードを打撃したと推定する。

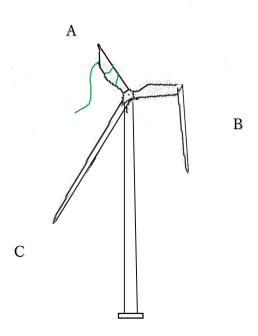


③ Bブレード及びCブレード打撃損傷部から台風強風により損傷拡大、破損、そして飛散 45m/s 以上の台風強風により、Bブレード及びCブレード打撃損傷部が拡大し、破損、飛散したと推定 する。

#### 3-9月7日 9時30分 5号機風力発電機 ブレード損傷確認

A ブレード落雷損傷、強風によるブレード破損により、B ブレード及び、C ブレードが強風により波及損傷・破損したものと推定され、台風通過後の9月7日朝から点検した結果、9時30分、5号機風車ブレードの損傷を確認するに至ったものと判断する。





#### 10 再発防止対策

#### 1、 設備対策

今回の事故要因と推定される落雷損傷が、ブレードレセプター受雷部から確実に被雷ケーブルへ入雷しなかった可能性があるため、風車設備へのより有効な雷対策の検討を行う。

具体的には、発電所代表機にダイバーター・ストリップス取付等の検証を専門の方に指導を仰ぎながら実施していくこととする。

#### 2、 保守点検 (継続)

- ・精密点検(1回/3年)に於いて、ブレード表面の異常の有無を触手、打音にて入念に点検する。 また、ダウンコンダクターの異常の有無を測定器( $\Omega$ メータ)を用いて点検する。
- ・日常点検(1回/週)に於いて、ブレード表面の異常の有無を目視にて点検する。
- ・いずれも、見つかった異常個所は、早急に 手直し・補修を行う。

#### 3、 運転操作(継続)

落雷、台風、強風等の風車及びブレードに異常を来すと思われる気象条件の時は、運転操作要領に従い速やかに停止し、気象条件解除時に ブレード表面の異常の有無を目視にて入念に点検する。損傷が疑われるときは、ドローンを活用した点検を行い、より正確な点検を行う。

また、見つかった不具合は、速やかに手直し、補修を行う。

# 再発防止対策 (参考)

設備対策案 (ダイバーター・ストリップスの取付)

ブレード先端への落雷をレセプターへ誘導するために、実証してきた成果から配置を決定し、検証 していく

