

## 淡路市北淡震災記念公園風力発電設備における倒壊事故について

### 1. 設備概要と事故概要

#### 1-1. 設備概要

- 所在地：兵庫県淡路市小倉
- 運転開始：平成14年4月

#### 1-2. 風力発電設備概要（単機）

- 型式：三菱重工業製 MWT-S600
- 出力：600kW
- 回転数：10-34rpm
- ロータ直径：45m（取付位置：地上37.0m）

#### 1-3. 事故概要

- 推定時刻：平成30年8月23日 夜中～未明  
（現時点で事故発生時刻の特定は出来ない）
- 発見時刻：平成30年8月24日 6:15頃  
付近を散歩している住民が発見。
- 倒壊状況：北北東（真北から約14度東寄り）に向けてタワー全体が倒伏、ローターヘッドが地面に激突。2枚のブレードは先端付近が折損し飛散、1枚のブレードはシェルが桁部分から分離し飛散。基礎は、ペDESTAL部・フーチング部が分離し、主鉄筋が破断。

所在地

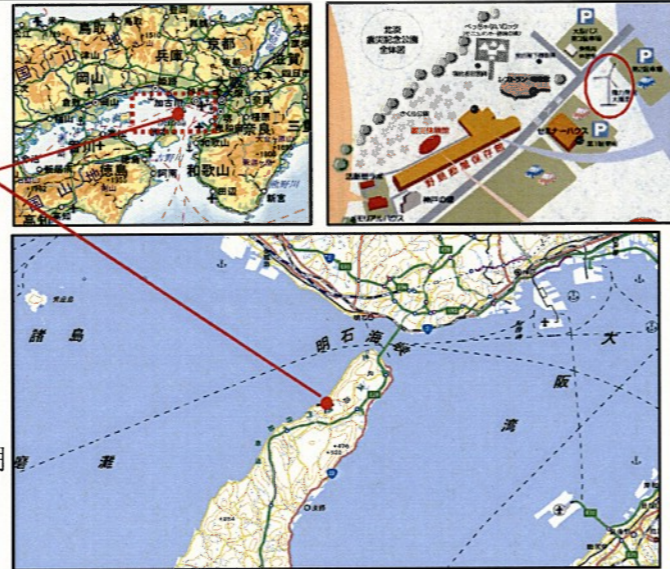


図1-1 サイト位置図



図1-2 倒壊状況



図1-4 基礎部  
（ペDESTAL底面）



図1-5 鉄筋破断  
（フーチング上面）



図1-6 鉄筋破断面（ペDESTAL底面）

- 鉄筋に腐食は確認されなかった。

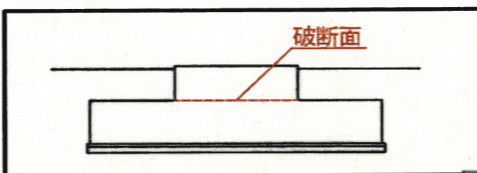


図1-7 基礎図（破断面）



図1-8 ローターヘッドが地面に激突

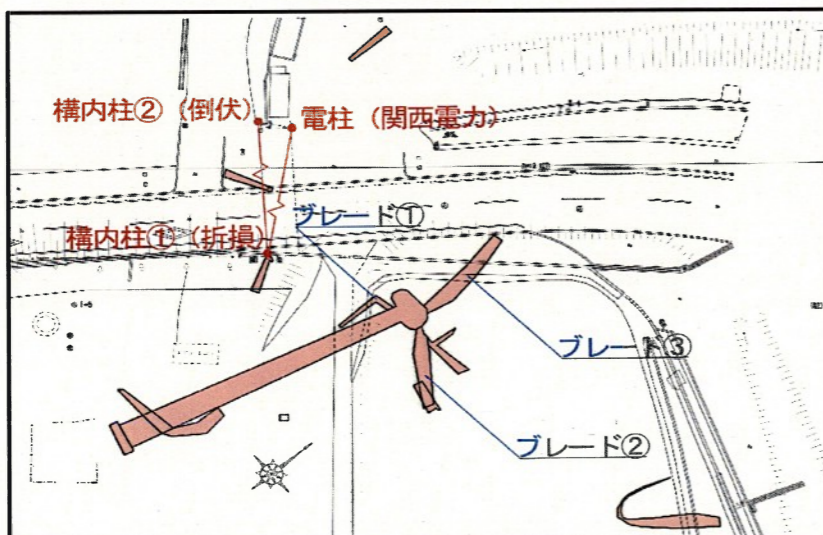


図1-3 ブレードの飛散と周囲の状況

### 2. 風車の運転状況と管理体制について

#### 2-1. 風車の運転状況について

平成29年5月21日に電力変換装置が故障。運転停止。  
風車の運転を継続するための概算費用をケースに応じて試算<7～21百万円>  
過去15年間の維持管理（保守点検含）費用・売電費用は、それぞれ55百万円・76百万円。  
→風車の運転を継続するための費用および過去15年間の維持管理（保守点検含）費用・売電費用を考慮し、平成29年9月に風車を廃止する方向で淡路市は決定。

#### 2-2. 風車の管理体制について

風車の管理体制については、図2-1・図2-2に示すとおり（株）ほくだんが担う運転責任者等を中心として、所有者<淡路市>や電気主任技術者等<（一財）関西電気保安協会・（株）きんでん・三菱重工業（株）>の管理範囲が多階層に及んでいた。

2019年1月21日  
淡路市・（株）ほくだん

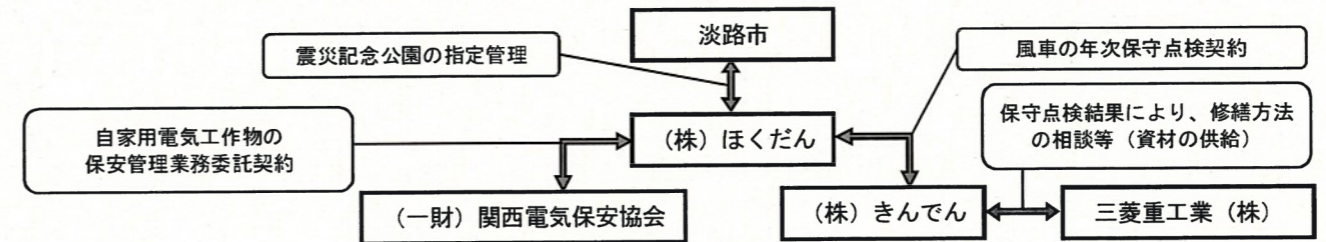


図2-1 管理体制図

淡路市	(株)ほくだん	(一財)関西電気保安協会	(株)きんでん	三菱重工業(株)
風車の設置・所有者	風車を含む公園の指定管理者	電気主任技術者(外部委託)	風車の年次保守点検の受託者	風車の製造者
公園管理担当者(正副2名)がいたが、指定管理を行う中、職員の減少もあり、運転停止した風車に対する管理意識が薄れていた。保で、風車に関する日常管理や運転に関する安全意識は薄かった。	震災記念公園全体の運営管理を行う中、職員の減少もあり、運転停止した風車に対する管理意識が薄れていた。保で、風車に関する日常管理や運転に関する安全意識は薄かった。	自家用電気工作物の保安管理業務委託契約に基づき電気保安業務担当者を定めて電気設備の月次点検、年次点検等を実施。	保守点検業務委託契約に基づき風力発電設備部分の年次点検を実施。	(株)きんでんから修繕方法の相談等(資材の供給)

図2-2 管理体制概要

これらの風車の設備と故障箇所、保守点検範囲等を図式化すると図2-3のとおりとなる。

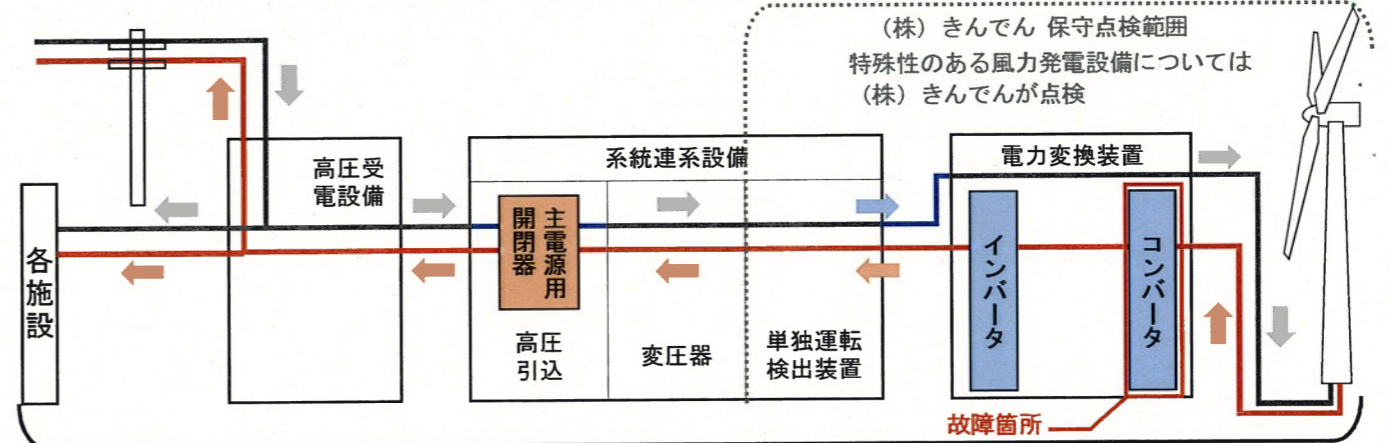


図2-3 風車の設備と管理体制について

## 淡路市北淡震災記念公園風力発電設備における倒壊事故について

### 3. 運転停止から事故発生時までの風車の状況について

#### 3-1. 運転停止 (H29.5) 時の風車の制御について

- 主電源用開閉器は、運転停止当時は「入」の状態であった。
- 今回の運転停止原因（電力変換装置の故障）であれば、主電源用開閉器が「入」の場合、制御指令は働いていくピッチ角はフェザーリング、強風時（30m/s×2秒、10分平均風速25m/s）のみYAW追従。

#### 3-2. 主電源用開閉器について

- 停電（瞬間停止を含む）の発生があれば、単独運転防止機能により「切」となる状態。  
（一財）関西電気保安協会の月次点検・年次点検結果

H29. 7. 21からH29. 12. 20の月次点検等では主電源用開閉器は「切」であった。  
H30. 1. 15の月次点検では主電源用開閉器は「入」であった。  
H30. 1. 22の構内の全停電以降の月次点検等では、主電源用開閉器は「切」であった。

- 運転責任者< (株) ほくだん>は、平成29年8・9・11月、平成30年1月に主電源用開閉器を「入」にした。

#### 3-3. ピッチ制御について

- 当機は、油圧によるピッチ制御であり、一定期間は、アキュムレーターによる吐出圧でフェザー角を維持出来る状態であった（一定期間の電源停止には対応できるため、非常用電源はない）。
- 事故発生時には、長期間の電源停止によりフェザー角を維持出来なかった可能性がある。

#### 3-4. YAW制御について

- 電源の供給がなく、事故発生時には制御されていなかった。

#### 3-5. 遠隔監視装置（制御状況の記録用）について

- 運転責任者< (株) ほくだん>は、淡路市が風車を廃止する決定をしたことを受け、遠隔監視装置のモニター表示により発電していない状況を入館者らに見せることを避けるために装置の電源を切った。これにより、平成29年11月以降における運転状況、主電源用開閉器、警報履歴の記録はない。

#### 3-6. 情報共有と誤認識について

- 運転責任者< (株) ほくだん>は、風車は故障しているので主電源用開閉器は「切」にしておくべきとの認識であった。
- 運転責任者< (株) ほくだん>は、強風により生じたブレードの回転を停止するため主電源用開閉器を年に数回の「入」操作を行ったが、その操作状況は淡路市、(株) きんでん、保安業務担当者< (一財) 関西電気保安協会>に情報共有がされていなかった。
- 保安業務担当者< (一財) 関西電気保安協会>は、主電源用開閉器の「切」状態の良否について運転責任者< (株) ほくだん>に確認していた。
- 保安業務担当者< (一財) 関西電気保安協会>は、電気の保安管理の観点から故障している風車の改修又は廃止の助言・指導をしていた。
- 淡路市・運転責任者< (株) ほくだん>・保安業務担当者< (一財) 関西電気保安協会>は、主電源用開閉器が「切」の場合のリスクを認識していなかった。
- (株) きんでんは、主電源用開閉器が「切」の場合のリスクを認識していたが、主電源用開閉器が「切」である状況が共有されていなかった。主電源用開閉器は常に「入」（制御可能）状態である認識から、淡路市、運転責任者< (株) ほくだん>、保安業務担当者< (一財) 関西電気保安協会>に主電源用開閉器が「切」の場合のリスクの情報提供をしていなかった。
- 取扱説明書に電源供給がない場合のリスクが記載されていなかった。
- 淡路市は、風車廃止の決定後、速やかな撤去を計画すべきであったが、倒壊のリスクを認識していなかったため、撤去時期の目標設定を平成32年度末としていた。

### 3-7. 管理状況のまとめ

本風車の管理は、所有者・運転責任者・電気技術者等の多階層組織が内在することで、管理体制・責任所在が不明確であった。これにより、運転責任者からの連絡不足が生じ、加えて、風車の制御に対する誤認識が重なることで、長期間の電源停止と運転記録の欠測が生じた。

### 4. 事故調査の状況

#### 4-1. 周辺の風況観測の調査及び当サイトにおける風向・風速等の評価

- 事故当時における当サイトの風況データについては、遠隔監視装置の電源が切られていたことにより残されていない。
- 当サイト付近には、約12.3kmに気象庁の風況データがあり、最も近くには約3.7kmに関電エネルギーソリューションの風況データがある。
- 図4-2・図4-3はそれぞれ、気象庁・関電エネルギーソリューションの風況データをプロットしたものであるが、水色の気象庁の値より、その他の関電エネルギーソリューションの値の方が連続性が高い。

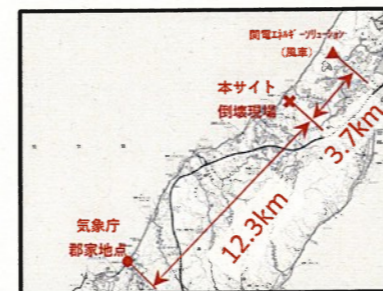


図4-1 サイト付近観測地位置図

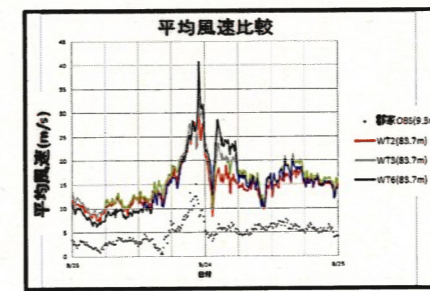


図4-2 風速プロット図

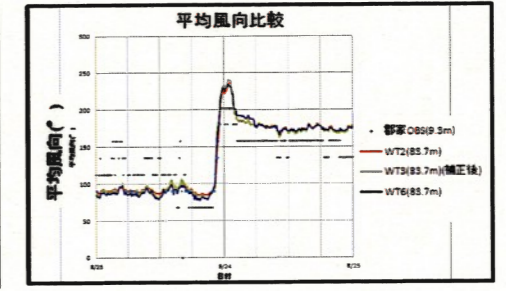


図4-3 風向プロット図

※ 今後、周辺の観測値を用い、数値流体解析により、台風第20号の時に本サイトにおける風向・風速・乱流強度を求める予定である。

#### 4-2. 基礎部の使用材料の調査及び接合部耐力の評価

- 事故発生後、使用材料の強度の確認のため、基礎部の鉄筋については引張試験、コンクリートについては圧縮試験を実施した。

図4-4 鉄筋の引張試験



試験結果	
降伏点	引張強さ
370N/mm <sup>2</sup>	551N/mm <sup>2</sup>
371N/mm <sup>2</sup>	549N/mm <sup>2</sup>
372N/mm <sup>2</sup>	551N/mm <sup>2</sup>
JIS規格値 (SD345)	
降伏点	345N/mm <sup>2</sup>
引張強さ	490N/mm <sup>2</sup>

図4-5

コンクリートの圧縮試験



試験結果 (一軸圧縮試験)	
ペ タ ル ス	46.8 N/mm <sup>2</sup>
	47.1 N/mm <sup>2</sup>
	43.0 N/mm <sup>2</sup>
フ ー チ	30.8 N/mm <sup>2</sup>
	28.3 N/mm <sup>2</sup>
	25.8 N/mm <sup>2</sup>
設計基準強度 21N/mm <sup>2</sup>	

- 試験の結果、使用材料は所定の強度を有していることが確認された。
- 現地調査においても、露出した鉄筋にせん断力が働いた様子や、腐食と疲労破壊の痕跡もなかった。

※ 今後、FEM解析により、本風車接合部の耐力を求める予定である。

#### 4-3. 台風20号の時に発生する風荷重の推定

本風車は、台風第20号における風速やピッチ角等のデータが得られていないため、当サイトに発生する風速の代表値である10m/s・20m/s・40m/sに対して、ピッチ角度を変化させて、空力弾性モデルにより風向に正対・反対する時のタワー基部における曲げモーメント、タワートップにおけるねじりモーメントを算出した。

## 淡路市北淡震災記念公園風力発電設備における倒壊事故について

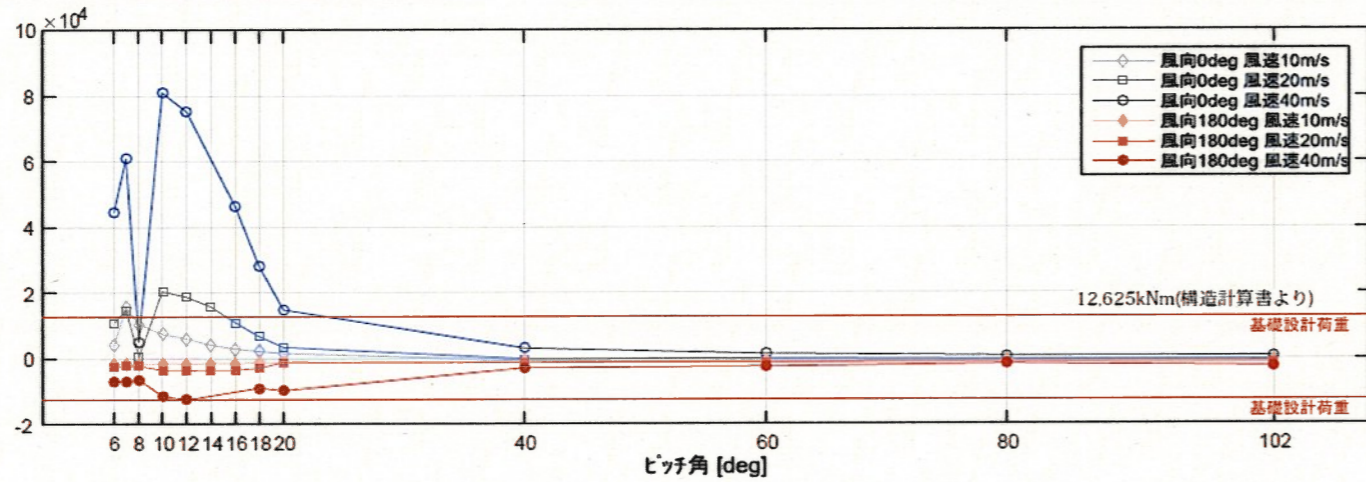


図4-6 静定回転数時のタワー基部の曲げモーメント【kNm】

・ピッチ角によっては風速が10～40m/sの場合でも過回転が発生し、基礎設計荷重を上回る可能性がある。

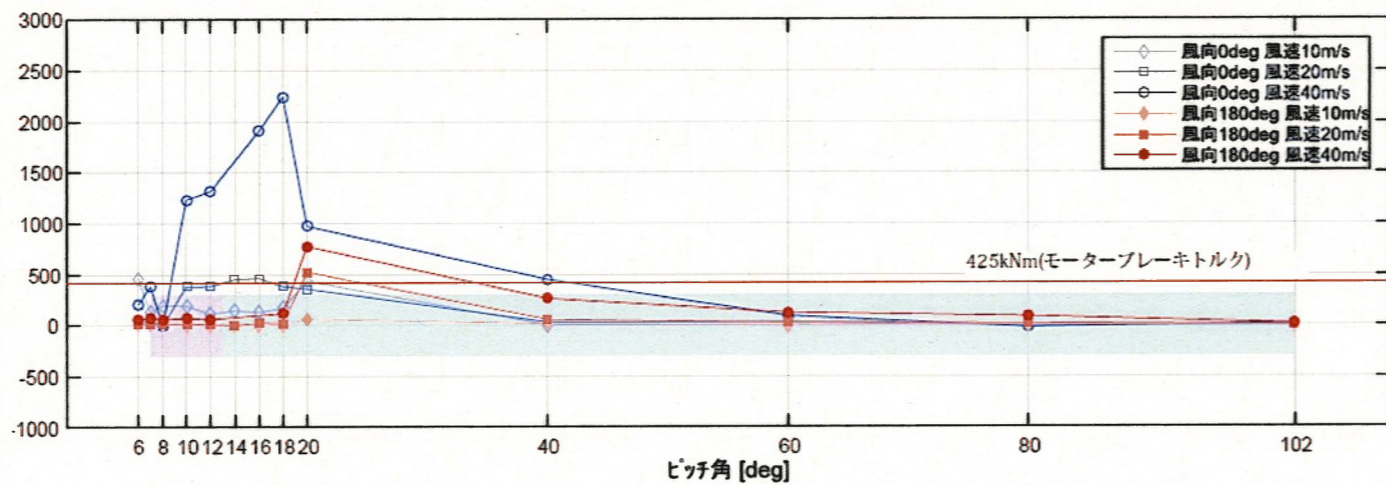


図4-7 静定回転数時のタワートップのねじりモーメント【kNm】

・ピッチ角によっては風速が10～40m/sの場合でも、モーターブレーキの保持トルクを上回る可能性がある。

※ 今後、推定された台風第20号の風況（風向・風速・乱流強度）を用いて、空力弾性モデルにより、事故時におけるタワー基部の曲げモーメント及びタワートップのねじりモーメントの最大値を求める予定である。

### 5. 今後の調査方針とスケジュール

#### 5-1. 今後の事故調査の方針

- ・ 事故時における風向・風速の評価
- ・ 事故時に風車に作用する風荷重の評価
- ・ 事故風車の接合部における耐力の評価
- ・ **ヒューマンファクターの整理**
- ・ 事故原因の解明と再発防止策の検討

### 5-2. 今後の事故調査のスケジュール（案）

	2018年 (平成30年)		2019年 (平成31年)			
	11月	12月	1月	2月	3月	4月以降
電気事故報告 [8月24日速報] [9月20日詳報 (第1回)提出]						前回WG 今回変更
METI WG		11/26		1/21		
専門家会議	11/11					
風向・風速 の解析						
風荷重 の計算						
耐力の 評価						
ヒューマン ファクターの 整理						
事故原因の究 明と再発防止 策の策定						

図5-1 淡路市風車 事故究明及び対策 目標工程

図5-1記載以外の主な調査実施状況

- ・ 風車の倒壊原因を明らかにするため、平成30年8月31日に事故風車の基礎とタワーの接合部の調査を実施し、平成30年10月29日～30日に事故風車のナセル・ブレードの現地調査を実施した。
- ・ 鉄筋とコンクリートの強度を確認するため、平成30年9月18日～19日に試験材を採取し、平成30年9月27日に試験を実施した。

以上