

平成25年5月2日
株式会社シーテック

ウインドパーク笠取発電所19号機 ナセル脱落事故について

(中間報告)

4月7日(日)に発生した当社ウインドパーク笠取19号機のナセル脱落事故につきましては、皆さまにご迷惑とご心配をお掛けし、心からお詫び申し上げます。

事故発生後、原因究明を進めてまいりましたが、本日、中部近畿産業保安監督部に原因および対策等に関する報告書を提出いたしましたので、ご報告申し上げます。

<資料>

- ・ウインドパーク笠取発電所 CK-19 号機風車 ナセル脱落事故について (ご報告)
- ・「ウインドパーク笠取発電所19号機 ナセル脱落事故」に関する内容の修正について

以 上

平成 25 年 5 月 2 日

株式会社シーテック

ウインドパーク笠取発電所 CK-19 号機風車 ナセル脱落事故について（ご報告）

1. ウインドパーク笠取発電所の設備概要と今回の事故概要

(1) ウインドパーク笠取の概要(図 1)

- ・所在地：三重県津市美里町および伊賀市上阿波地内
(CK-19 号機風車は津市美里町)
- ・定格出力：38MW(2,000kW×19 基)
- ・運転開始：第 1 期平成 22 年 2 月 22 日
第 2 期平成 22 年 12 月 15 日（19 号機風車は第 2 期分）



(2) 風力発電設備の概要(図 2)

- ・風車：(株)日本製鋼所社製
- ・定格出力：2,000kW
- ・定格回転数：19rpm（毎分回転数）
- ・ロータ：直径 83.3m、ハブ取付高さ 地上 65m

図 1 発電所位置図

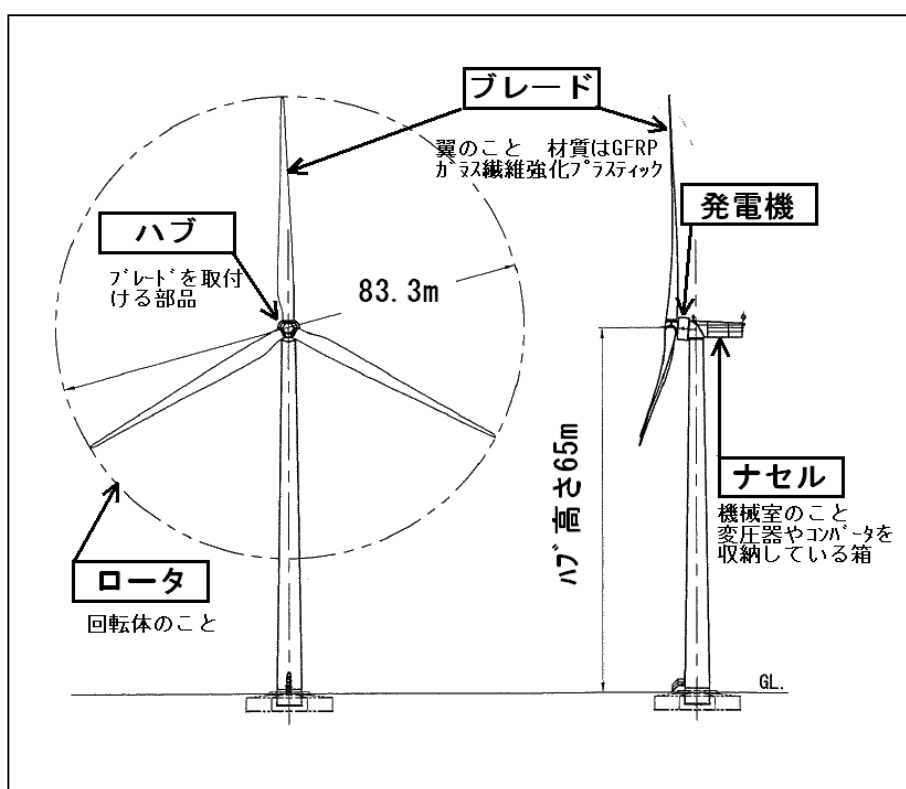


図 2 風車各部名称

(3) 事故の概要（写真 1）

- ・推定発生日時：平成 25 年 4 月 7 日 16 時 37 分～16 時 55 分の間
- ・事故の状況：発電機・ナセル・ブレードが脱落



写真 1 タワー座屈・ブレード・ナセル脱落状況

2. 事故当日の気象と風況

- ・三重県は 4 月 6 日（土）夕方より発達した低気圧に見舞われ、ウインドパーク笠取においては 4 月 7 日（日）未明より風速 20m/s 超過が多々発生していた。
- ・4 月 7 日 15 時前後には、カットアウト風速(※1)25m/s となり、16 時 27 分には最大瞬間風速 42m/s を記録した。なお、西北西の風であった。
- （※1）カットアウト風速：安全のために自動停止する風速
- ・4 月 7 日事故発生の直前（16 時 37 分：記録として最終時間）の CK-19 号機風車における風速観測データは、風速 20.67m/s、平均風速 27.9m/s

東南東

風下



風上

西北西

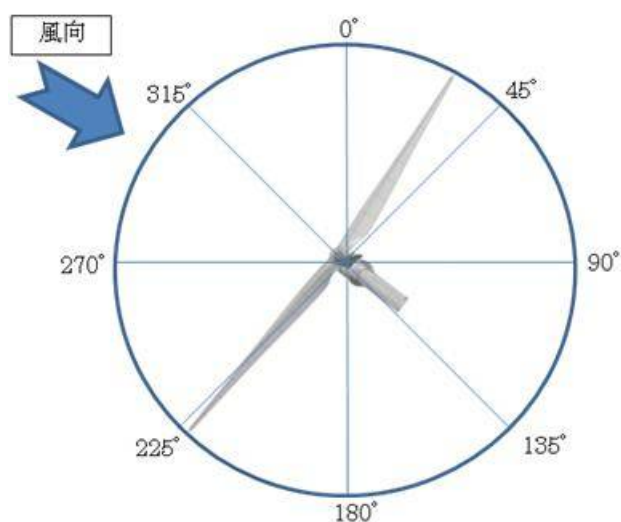
北

写真 2 ブレード・ナセル脱落方向と事故時の風向

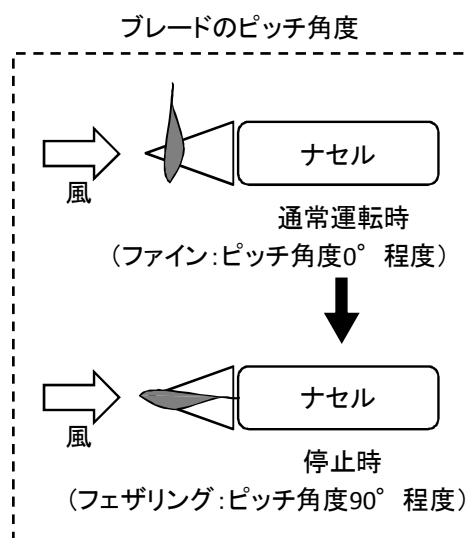
3. 事故状況

【事故発生前の状態（正常な制御）】

- ・ 12:28:45 : ナセル内電気系の故障により運転停止したため、ブレードは風の力を受け流し安定した状態を保つフェザリング状態に移行した。(図3)
- ・ 15:15:23 : 瞬間風速 30m/s により自動停止信号が出力されたが、既に停止していたためフェザリング状態を維持
- ・ 15:56:47 : 瞬間風速 40m/s と風が更に強まったため、自動的にナセルが回転を開始（ストームモードと言い、ブレードを風下側に回転させ、風に対して風車を安定させた（風見鶏と同じ原理））した。



※風車を上から見た図



※ブレードを真横から見た図

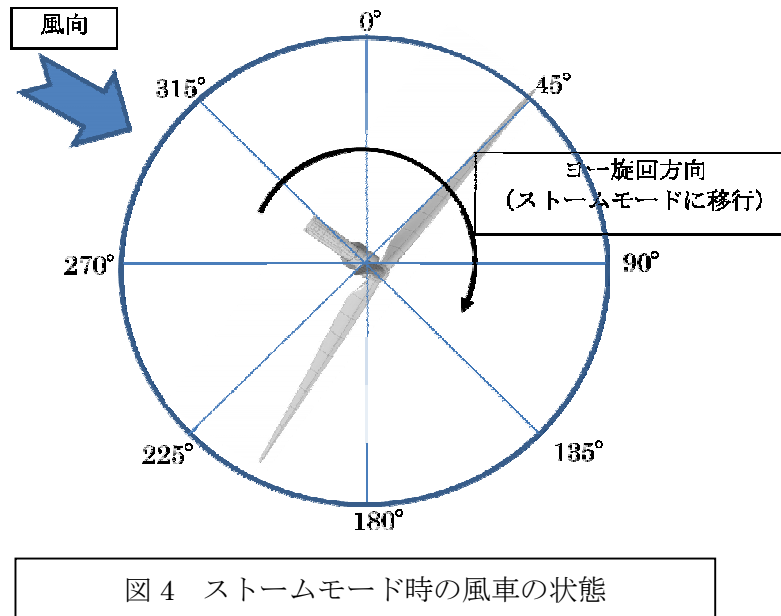
(通常運転時の風車回転方向は風上から向かって時計回り)

図3 カットアウト時のフェザリング状態

※ブレードは、ブレード1、ブレード2、ブレード3の3枚のブレードが有る。

【事故発生直前の状態】

- ・ 16:01:43 : ストームモードに移行するまでの間でブレード 1 のピッチ角（ブレードの風向に対する角度）が変化してフェザリング状態が維持できなくなった。
（ピッチ 1 制御異常）
- ・ 16:02 頃 : ストームモードに移行完了した。（図 4）



- ・ 16:06:22 : ブレード 3 のピッチ角が変化してフェザリング状態を維持できなくなった。
（ピッチ 3 制御異常）
- ・ 16:07:27 : ブレード 2 のピッチ角が変化してフェザリング状態を維持できなくなった。
（ピッチ 2 制御異常）
- ・ 16:14 頃 : ブレード 2 とブレード 3 のピッチ角が、ファイン方向に変化しブレードが回転を始める。
- ・ 16:36:26 : ブレード 1 のピッチ角がファイン方向に変化することで 3 枚のブレード全てが風を受け
るようになり回転数が上昇、過回転（定格回転数 19rpm）となる。
- ・ 16:37:25 : 最大回転数 57.78rpm を記録
- ・ 16:37:30～33 : 種々のアラーム発生 回転数 53.19rpm（最終記録）
- ・ この後、発電機・ナセル・ブレードが脱落したと推定される。

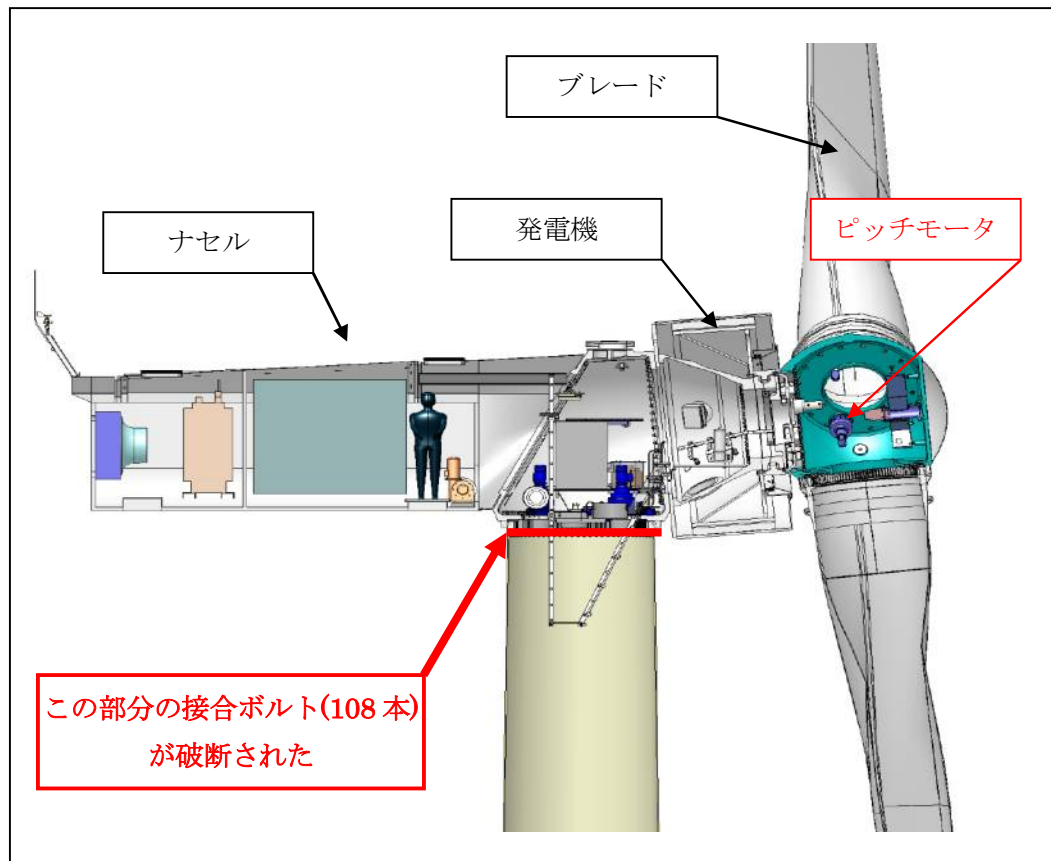


図 5 風車の構造

4. 原因調査結果

発電機・ナセル・ブレードが脱落する直前に最大回転数 57.78rpm を記録し、ブレードがフェザリング状態を維持出来なくなり、3 枚のブレードバラバラではあるがファイン状態へ移行し過回転となった可能性が高いことから、ブレードのピッチ制御機構を疑い調査した。その結果、制御装置の健全性は確認されたことから、機械部品であるピッチモータブレーキに主眼を置いて調査したところ下記のような状況が分かった。また、金属疲労によるボルト破断ではないか調査を行った。

(1) ピッチモータの分解調査

風車が最後に定格回転 (19rpm) を大きく超えた 57.78rpm (最大回転数) を記録していたことから、風の力を受けるブレードのピッチ角を制御するピッチモータを現場から回収し、分解調査を行った。

【調査結果】

- ① ピッチモータブレーキの保持トルク測定結果は最大でも 34.5Nm であり、3 台とも規定値の 200Nm を下回っていた。
- ② 3 台ともピッチモータブレーキを構成するスプライン(メス側)の歯が三角形状に摩耗しており、その摩耗粉と推定される粉を確認した。
- ③ スプライン(メス側)は摩耗しているものの、歯山の高さは設計基準値を満足していた。
(スプライン自身は空回りしていない)
- ④ ブレーキを保持するばねストロークは 2.0～2.4mm であり、3 台とも規定値(0.15～0.35mm)を上回る数値であった。

※ スプラインとは歯車機構を持った動力伝達システムである。

【調査結果からの推定】

- ① ピッチモータブレーキ動作中に発生する応力によりピッチモータとブレーキディスクを接合するスプラインが摩耗した。この摩耗粉がブレーキライニングに付着したことでブレーキの摩擦力が低下した。
- ② スプラインの摩耗粉がブレーキライニングに付着した状態でピッチブレーキが動作し制動トルクが掛かったことにより、ブレーキライニングが摩耗し、ライニング厚さが規定以上に薄くなった。これにより、ブレーキを保持するばねのストロークが長くなり、ばねの押し付け力が低下した。
- ③ ①、②の事象が発生した結果、ブレーキの保持力が規定値 200Nm を下回り、ブレードのピッチ角を保持出来なくなった。

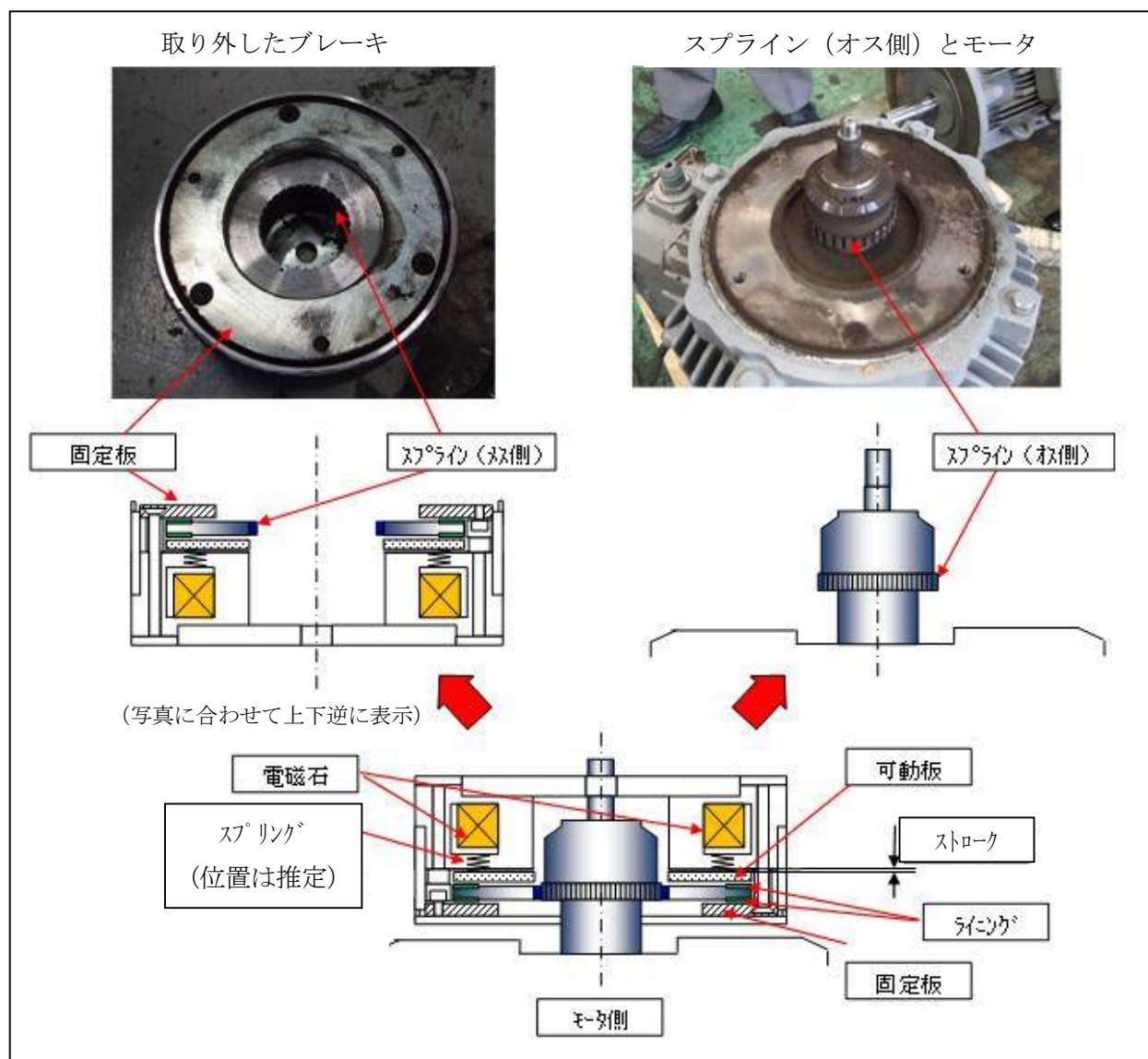
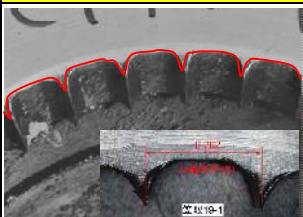
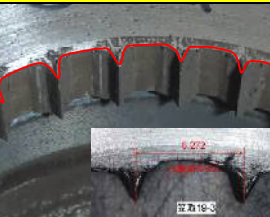
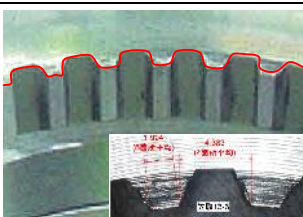


図6 ピッチモータブレーキの様相

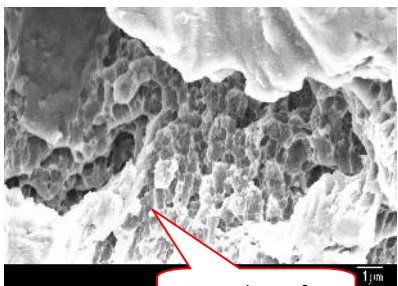
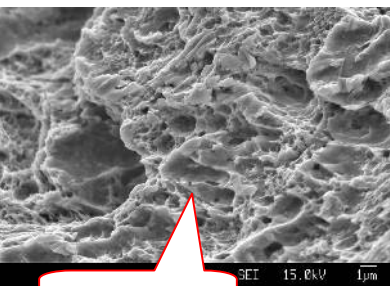
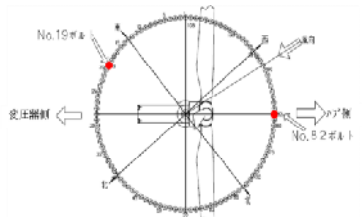
調査内容		1 軸	2 軸	3 軸	備 考
外 観					
		軸・ブレイキ・ファンカバーが変形	モータ冷却フィン一部が変形	ファンカバーに若干の凹みあり	
モータ駆動試験		軸変形のため、モータ駆動試験は実施せず。	正、逆回転※とも定格回転数 1,800rpm で駆動可能。	正、逆回転※とも定格回転数 1,800rpm で駆動可能。異音あり。	※正回転(負荷側から見て左回転)、逆回転(同右回転)
ピンチモータブレイキ	保持トルク測定	正回転:24Nm※ 逆回転:25.5Nm※ ※軸屈曲状態での計測のため、参考値	正回転:33.5Nm 逆回転:34.5Nm	正回転:20.5Nm 逆回転:22.5Nm	【規定値】 200Nm 以上
	ストローク測定	2.4mm	2.2mm	2.0mm	【規定値】 0.15～0.35mm
	スプライン(メス側)外観				
		三角形状に歯が磨耗 歯山高さ:2.35 mm	三角形状に歯が磨耗 歯山高さ:2.29 mm	三角形状に歯が磨耗 歯山高さ:2.30 mm	未使用状態のスプライン 設計基準値:2.0 mm

(2) ナセル・タワー結合ボルトの破損調査と事故原因の推定

【調査結果からの推定】

破面 SEM 観察結果から#82 ボルトにおいてはせん断破壊、#19 ボルトにおいては延性破壊と推定され、繰返し荷重による疲労破面は観察されなかったことから、ボルトの破断は金属疲労ではない。したがって、今回のナセル落下は金属疲労によるものではない。

表 2 ナセル・タワーボルトの破損調査結果

調査ボルト	ハブ側ボルト (＃82)	変圧器側ボルト (＃19)	評 価
外 観			【#82 ボルト】 破断部近傍で絞りが認められず、破面は平坦で一定方向の伸長ディンプルが観察されたことから、せん断方向の過大応力により破断(せん断破壊)したと判断。 【#19 ボルト】 破断部近傍で絞れており、傾斜した破面先端方向に向かった伸長ディンプルが観察されたことから、軸方向の過大応力により破断(延性破壊)したと判断。
破面 SEM 観察	 伸長ディンプル	 伸長ディンプル	いずれも金属疲労による特有の断面は見られない。 ● 観察したボルト位置 

5. 事故原因のまとめ

ピッチモータ分解調査、ナセル・タワー結合ボルト破面調査およびシミュレーションからの事故原因解明としては以下のとおり。

- (1) ピッチモータブレーキを構成するスプラインが不適切な材質で製造されたため、スプラインの異常摩耗が発生し、3枚のブレードともピッチ角を保持するブレーキ力が規定値を下回った。これにより、フェザリング状態を保持できなくなり、3枚のブレードが同時に逆ファインになったことで、ロータの過回転が発生した。
- (2) ロータの過回転により大きく変形したブレードがタワーに接触し、ナセルとタワーを結合するボルトに設計荷重を超えるせん断応力及び引張応力が作用したことにより、ボルトが破断し、ナセルが脱落した。
- (3) シミュレーションから、事故時の風条件においてピッチモータブレーキに作用する風荷重がブレーキ力を上回り、ブレードのピッチ角を保持できなくなったことを明らかにした。また過回転時のブレードの変形量から、ブレードがタワーに衝突した可能性の高いことを示した。

6. 当面の措置および今後の検討課題

- (1) WP 笠取全風車（18基）のピッチモータブレーキについて、早急に点検を行い健全性を確認するとともに、耐摩耗性の低い、或いはブレーキ力の低いピッチモータブレーキを取替える。
- (2) 今後、事故原因であったピッチモータブレーキの安全性向上のために、ピッチモータブレーキの点検マニュアルを整備するとともに、ブレーキ力の監視方法やフェザリング時のピッチ角の保持方法などの再発防止策を検討する。

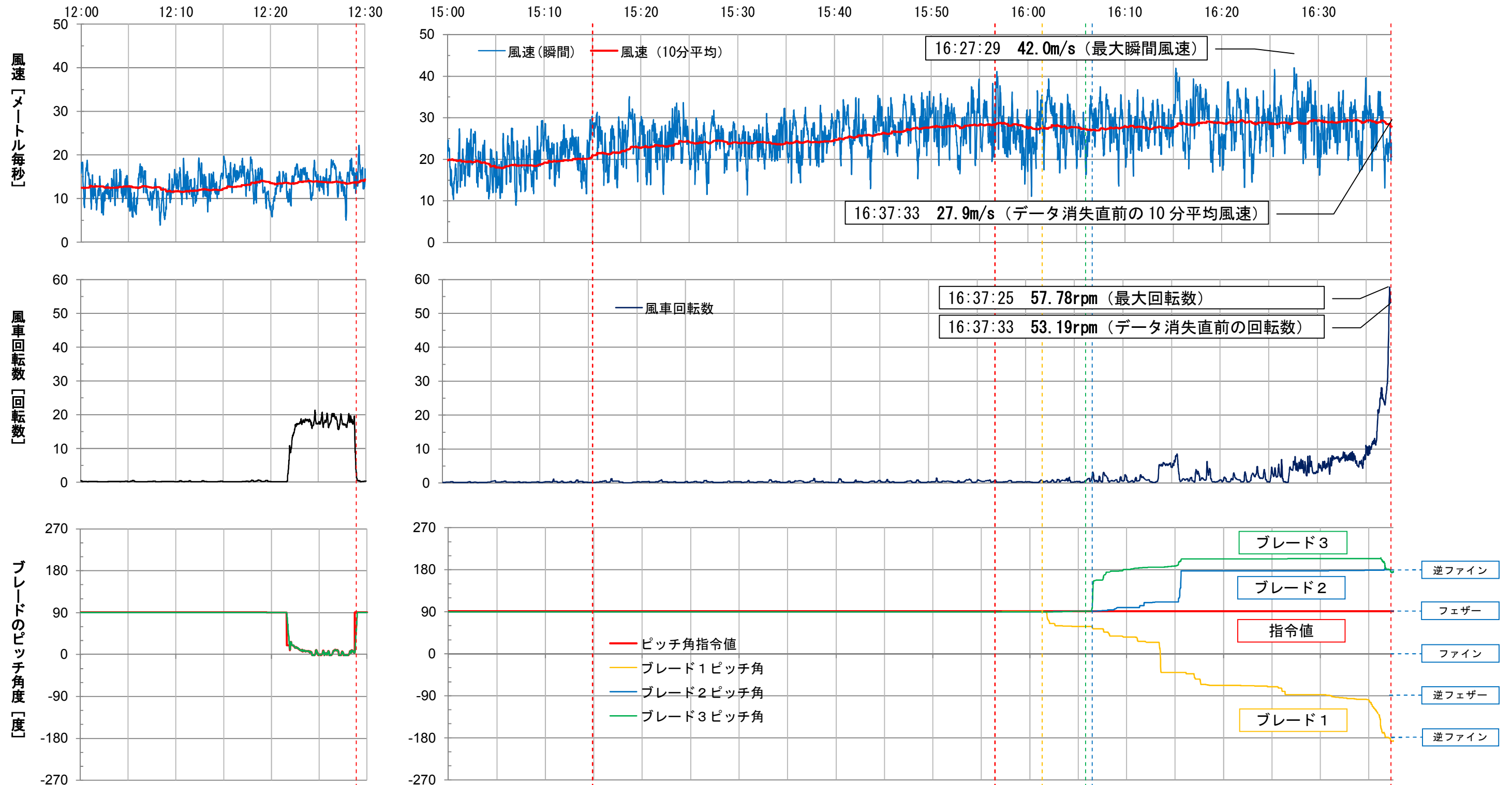
※ 参考資料 WP 笠取 CK-19 脱落事故までの運転記録

＜お問い合わせ先＞

(株)シーテック 総務部 久野、梶田、林（TEL 052-852-6997）

以 上

WP 笠取 CK-19 脱落事故までの運転記録



12:28:45 電気系の故障により停止

15:15:23 カットアウト (瞬間風速 30m/s)

15:56:47 ストームモード開始
(瞬間風速 40m/s)

16:01:43 ピッチ1制御異常

16:06:22 ピッチ3制御異常

16:07:27 ピッチ2制御異常

16:37:30~33 種々のアラームが発生した
のち記録が途絶える

平成25年5月2日
株式会社シーテック

「ウインドパーク笠取発電所19号機 ナセル脱落事故」に関する

内容の修正について

4月7日（日）に発生した当社ウインドパーク笠取19号機のナセル脱落事故につきましては、皆さまにご迷惑とご心配をお掛けし、心からお詫び申し上げます。

事故発生からこれまでにお伝えしてきた内容の中で、事実と異なる点がありましたので、心よりお詫びを申し上げ、訂正させていただきます。

<正誤表>

	誤	正
①風速	16時37分に観測した 最大風速 …27.9m/秒	16時37分33秒（最後に記録）に観測 した10分間平均風速 …27.9m/秒
②ストーム モードへの 移行条件	風速30m/秒が3秒継続 した時	10分間平均風速が35m/秒となった時、 または瞬間風速40m/秒となった時 （※瞬間風速とは3秒間の平均風速です）

<お問い合わせ先>

株式会社シーテック 総務部 久野、梶田、林（052-852-6997）

以 上