

## 1. 事故の概要

(1)細谷風力発電所の概要  
 事業者名：ミツウロコグリーンエネルギー株式会社  
 発電所名：細谷風力発電所  
 所在地：愛知県豊橋市細谷町躰ノ谷23-12  
 定格出力：1,500kW(1,500kW x 1基)  
 運転開始：2007年1月

(2)風力発電機の概要  
 風車メーカー：GE Wind Energy  
 機種：GE 1.5s  
 定格出力：1,500kW  
 カットイン：3.0m/s 定格風速 12.0m/s カットアウト 25.0m/s  
 ローター直径：70.5m ハブ高さ：64.7m  
 回転数：11～20rpm

(3)事故の概要  
 発生日時：2014年2月15日(土) 午後12時02分

事故状況：  
 2月15日午後12:02  
 風車エラーログにピッチの異常が記録されている。  
 通常は電話回線を使用し携帯電話に警告通報されるが、このときは通信トラブルがあり通報されなかった。  
 同12:08  
 地元住民からブレードが破損している旨連絡あり。  
 同13:30  
 当社社員現場到着。  
 3本のブレードのうち、1本が破損していることを確認した。  
 破損ブレードはブレードNo.2  
 図1



図1 事故当時の細谷風力発電所

## 2. 事故原因の絞り込み

凡例  
 ◎:可能性大 ○:可能性中 △:可能性小 ×:可能性なし

原因として疑われる箇所	その内容	メーカー見解	事業者見解	可能性	
ブレード本体	製造品質	2006年4月工場出荷検査(打音検査)に合格し問題ない	回収したブレードの桁より接着面の施工不良と思われる箇所が見つかり、出荷検査の精度に疑問が残る	◎	
		上記の通り出荷検査をパスしており、製品のばらつきに起因する早期劣化はない	事故ブレードは2006年4月の出荷。当時は打音検査と目視検査であり、不具合の見落としがある可能性がある	○	
	工場出荷検査の精度	2007年までは打音と目視検査、それ以降は目視とUT検査		○	
	劣化(疲労破壊)	事故ブレードはバラバラで原型をとどめず、どのような状態であったのか残った2枚のブレードを検査しその結果から事故ブレードの状態を推定、検討する	—	LM社にて残存ブレードを目視及び非破壊検査しブレード内部に運転を推奨できない不具合が見つかる。定期点検では内部点検を行っていない為、補修は実施しておらず内部の劣化が進行していた	○
	ブレード内部の桁やシェルの接着に不具合があった場合破損に至る恐れがある	定期点検マニュアルには内部点検の実施項目は無い	点検項目にもなく、また自社でも内部の劣化は想定しておらず点検は実施していない	○	
	引下げ導体導通不良	引下げ導体の導通不良は、ブレードに落雷があった場合容易に破損につながるダメージを受ける	—	飛散した引下げ導体のサンプルを採取し破面調査。いずれのサンプルも延性破断であった。引下げ導体はブレード桁内に埋め込まれており応力はかからず、事故時に引きちぎれたと断定できる	×
	落雷痕	各ブレード落雷の有無を確認	—	2011年12月に全ブレードのレセプタを補修しており問題はない。	×
運転状況	強風・突風	事故当時運転に支障があるような風速でないか確認	データ解析の結果、直近1週間10分間平均最大風速17m/s 1秒値20.9m/s	風車運転記録値を見る限り異常な値は記録されていない	×
	乱流	乱流によりブレードに異常なストレスがかかっているか	乱流要素は少なく問題ない。GE1.5SClassIIaの立地に適している。また、事故直後のタワーの状況からもブレードが直接タワーにヒットした形跡もない	現地で行った建設前風況解析データから乱流は少ない立地	×
	落雷	落雷によってダメージを受けていないか	ブレードに設置しているライトニングカードの解析結果事故ブレードのカードには記録無し	発雷を確認すれば停止させ、地上から目視点検と異音確認後の運転再開を行っているが、小さな落雷痕は見逃してしまう可能性もある。	△
	飛来物、凍結等	飛来物や凍結によってブレードにダメージを受けていないか	飛来物はなかった。	降雪もまれてブレードに着氷の恐れはない。破片回収では、その他飛来物は確認できず。	△
	7年間の発電実績	想定より強い風が吹いた場合ダメージの蓄積が早まる恐れ	—	風況解析にて算出した計画発電量を下回っており、7年間の運転中過度のストレスは無かった	×
	定期点検	2007年2月～2009年2月まで メーカーによる点検 2009年3月～現在 専門業者による点検	メーカー規定通り行われている	事故につながる異常はブレード内部の点検を行っていなかったため見つけられなかった	○
事故直前の運転状況	風車に残されていた事故前後10分間の1秒値を解析し、事故状況について詳しく分析する	事故直前まで正常動作であり通常運転されていた	データ解析の結果、事故につながる異常は見つからなかった	×	
故障・補修履歴	ブレード補修履歴	適切に補修がされているか	専門業者(メーカー以外)による補修履歴があるが作業は適切である	表面のコート剤塗り直しとレセプタの研磨作業のみでブレード構造本体に及ぶ作業でなく、事故につながるような補修ではない	×
	過去のトラブル履歴	事故に至る兆候はみられたか	制御不能等の現象は起きていない	事故直前まで問題なく運転していた	×
	H21年12月事故事例 注意喚起	ブレードの内部点検と確認の注意喚起	機種が異なるので問題ない	H21/2までメーカーによるメンテナンスを実施しており、H21年12月当時問題は無いと判断し点検せず。	○

3. 事故原因の調査経緯

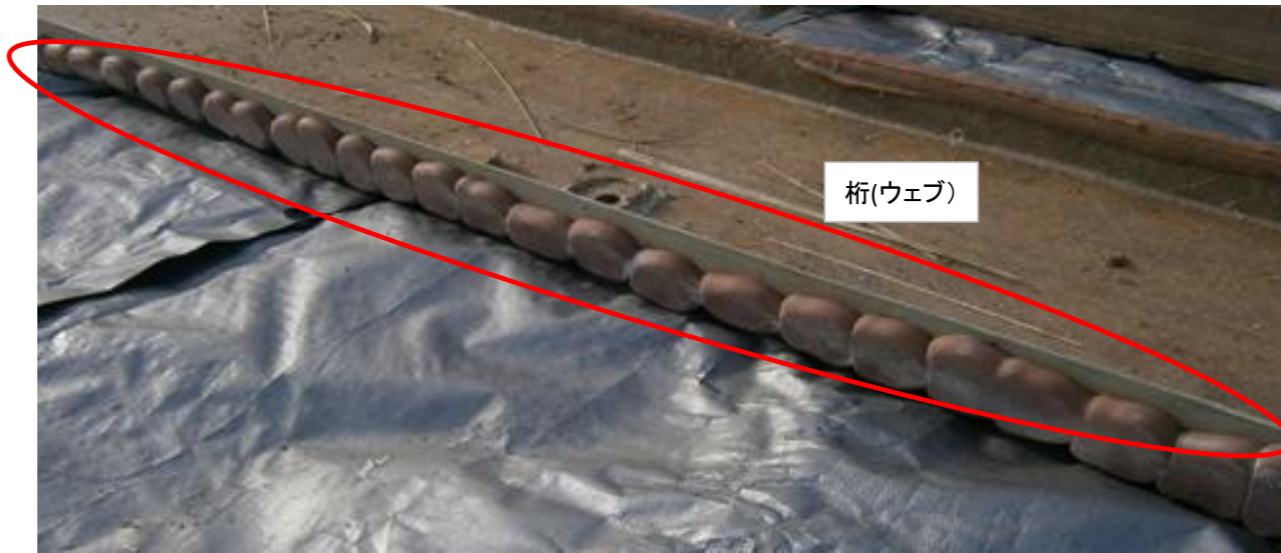
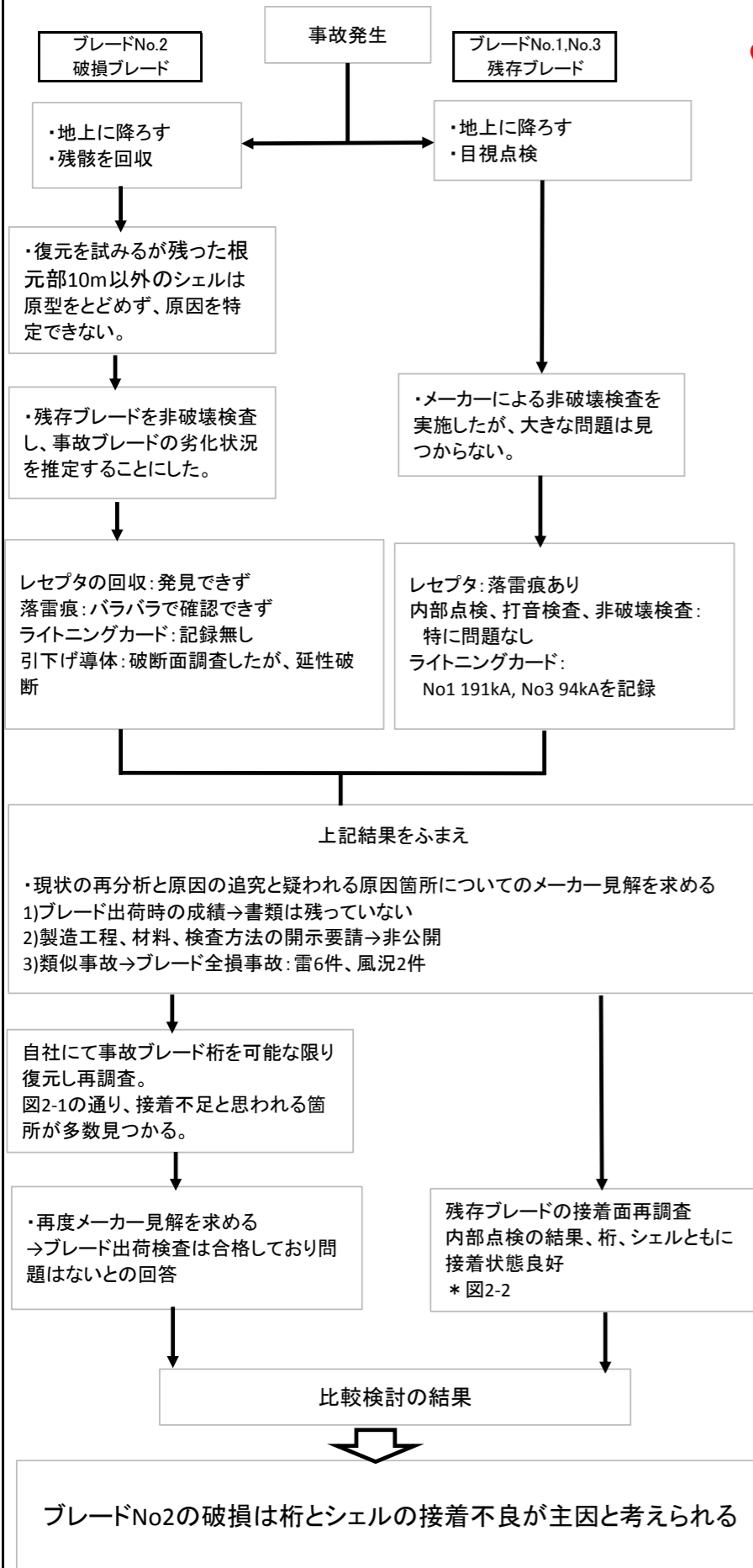


図2-1

図2-1 事故ブレード桁の接着剤

桁幅に対して接着剤の幅が少ない箇所が根元～18m程度まで広範囲にわたり確認された



図2-2

図2-2 残存ブレードの接着剤

内部より確認したところ接着面全体に接着剤が行きわたり、桁とシェルはしっかり接着されている

4. まとめ

1. 受入検査の重要性

2006年4月に出荷された破損ブレードの出荷検査は、打音検査と目視検査のみであったため、接着不足の見落としがあった可能性も考えられる。接着不足を確認するにはUT検査を実施することが重要と考える。このため、新規購入時には、受入検査としてUT検査を実施する。

2. ブレード内部点検の必要性

2007年2月の運転開始以降ブレード内部の点検を実施していない。今回の事故調査から、ブレード内部は点検蓋を開けて中を見るだけでなく、内部へアクセスし可能な範囲で直接目視により、接着剤の剥離状況について点検すべきと結論付けた。よって、今後は内部点検を定期的に行う。ブレード外部は今まで通りロープアクセス等による直接目視及び打音検査を実施する。

3. 定期的な調査の必要性

事故ブレードは桁とシェルを接着する面に多数の接着不足と思われる箇所が見つかった。

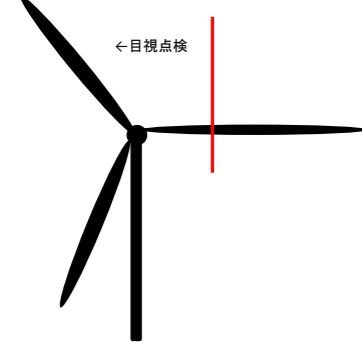
- 1) 新規購入するブレードは受け入れ検査としてUT検査を実施し、製品の良否の判定とブレードの初期状態をチェックし、記録を保存する
- 2) 3年後に受け入れ検査と同じ検査を実施し劣化状態を把握し、補修計画に役立て、疲労破壊を避ける。

・目的: ブレードの経年劣化や強風・落雷等によるダメージを素早く察知し、適切に補修できるようメンテナンス態勢を整える

具体的な内容	目的	ねらい	点検方法	頻度	当社他サイトにおける同型機での実施状況
① 残存ブレードは廃棄し、3枚とも新規ブレードを取り付ける	LM社では、現在ブレード出荷時にUT検査を行っており、今後のメンテナンスをするにあたり出荷時のデータから劣化の状態を把握する	・ブレード受け入れ時に、本体に異常のないことを確認できる ・ブレードの最初の状態を知ることにより、異常部位を素早く察知できる		出荷時	
② 接着剤のクラック有無確認(日常点検にて)	ブレード内部で接着剤が剥離した場合、異常箇所から不具合が伸展することを防ぐ	・日常の巡視点検時、ブレードを低速回転(遊転)させ、剥離した接着剤の塊がブレード内部で転がる音(カラカラ音)がしないことを確認できる	週1度の巡視点検時に風車を停止～低速回転させ確認する	週1回	○
③ ブレード内部の目視点検	劣化進行を把握できなかった内部の状態を確認できる	年1回新たにブレード内部点検を追加し、桁の接着状態等、異常があれば即詳細点検や補修を実施することができる	1枚のブレードを水平に保ち、点検蓋をあげ内部にアクセス。根元より5m程度は直接目視。桁接着材のクラック等を確認する	年1回 定期点検時	○
④ 受入時及び受入後のUT検査の実施	受入時にUT検査を行うことで、出荷検査とダブルチェックを行う。取り付け後3年目にもう一度UT検査を実施し劣化状況を確認する。	3年目にUT検査を実施し、これを出荷時からのデータと目視点検の結果を比較。劣化が進行していなければ以降はUT検査を実施せず、異常が認められれば補修し、その3年後にもう一度UT検査を実施する。	重機あるいはタワーメンテナンス用昇降機等を使用し上空で行う。UT検査にて、根元から先端までの接着状態の確認と同時に表面の傷や摩耗も確認する。	・受入時及び初回3年目 ・以降結果による	○
⑤ ライトニングカード交換	定期的にカードの交換を行うことにより、落雷によるダメージを受けた可能性が高いと言う事を把握できる	日常点検で異常を確認しているが、察知できない可能性もあるので、ライトニングカードを年1回交換し、落雷を確認できた場合は即詳細点検を実施し、異常があれば補修ができ、劣化進行を防ぐ事ができる	定期点検時にブレード内部の目視点検を行う際、同時にライトニングカードの交換を行う。取得したカードは解析に出し落雷の有無と雷電流の確認を行う	年1回 定期点検時	○
⑥ アース線のチェック	落雷があった場合、適切に地上に電流を逃がし、ブレードへの被害を低減する効果を保持できる	アース線が断線していた場合、落雷によるブレードへの損傷が増す可能性が高いので、年1回、ブレードレセプターから地上までの導通を確認する これにより、ライトニングカードへの記録不良を防ぎ、ブレードへの被害を低減できる	年1回ハブナセル間のスリプリングの接続状態を確認する。また3年に1回、またはブレードへの落雷を確認した場合、レセプター地上間の抵抗測定を行う。	年1回 定期点検時	○

・点検方法と手段

③ブレード内部の目視点検



風車定期点検時にブレード内部の点検蓋をあげ、内部に入り直接目視による桁等の接着面の状況を確認する。

- 1) 点検時、点検対象のブレードを水平に保ちローターロックを掛け、ハブ内に入る。
- 2) ブレード内部点検蓋をあげ、内部にアクセス。この際上記⑤のライトニングカードを交換する。
- 3) 人間がアクセスできる範囲の根元よりおよそ15m程度。桁やエッジの接着状態を点検する。



ブレード内部点検蓋



ブレード内部



ライトニングカードの取得

④定期的なUT検査の実施



重機を使用したブレードUT検査

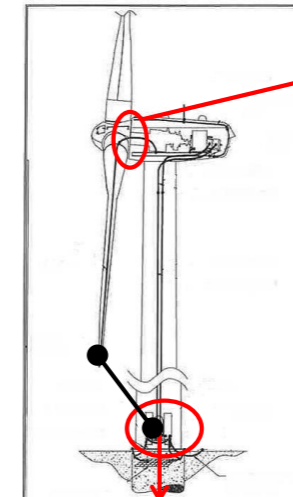


重機を使用したブレードUT検査

3年目にブレードのUT検査を行い、出荷時のUT検査結果や前回実施の検査結果を比較し、「重」レベルへ劣化の進行が見られた場合、早急に補修ができる態勢とする。その時重篤な不具合が見つからない場合、以降の定期的UT検査は実施しない。

- 1) 運転中の風車からブレードを地上におろし点検するのはむずかしく、上空にて重機等を利用しUT検査を実施する。
- 2) 根元部より100mmごとを測定ポイントとして、順次先端部まで検査を行う。
- 3) 測定箇所は両桁接着部
- 4) 同時にブレード表面の塗装剥離やクラックの有無についても点検を実施する

⑤⑥ 導通チェックとライトニングカードの交換



アース線接続部



ハブ<->ナセル間  
アース線スリプリング

風車定期点検時、年1回ライトニングカードを取り外し、メーカーに解析を依頼。期間中の落雷の有無について調査。これにより、落雷を受けた事に気がつかず運転継続させ、損傷を広げさせることの無いようにする。

- 1) 年1回のタイミングで③ブレード内部の点検時にライトニングカードを取得・交換をする。
- 2) ハブナセルー地上間の一括導通チェック  
ハブより導線を地上に垂らし、ボトム制御盤内のアース線接続部とループさせ導通を確認する。
- 3) ブレードレセプターハブ間の導通チェック  
ハブ内アースの導通が確認できたら、ロープアクセスにより、ブレード先端部とハブ内アース接続部とを導線にてループ、ブレードハブ間の導通を確認する。
- 4) 同時にロープアクセスにより、ブレード外観の点検を実施しクラックや塗装の剥離がないか確認する。

6. 「再発防止策まとめ」

- 1) 新しいブレードを使用し出荷時と受入時にダブルチェックとしてUT検査を実施する。
- 2) 定期点検時ブレード内部を目視点検する。
- 3) 受入時及び初回3年目にUT検査を実施、以降は必要に応じて実施する。
- 4) ライトニングカードは1年毎に取り換える。
- 5) アース線スリプリングは月1回の月次点検時に確認、引下げ導体の抵抗測定は3年に1回実施する。
- 6) UT検査の実施がない年はロープアクセスによる目視検査を実施する。



以上の事を確実に実施し再発防止に努め、復旧対応したいと考えます。

以上