

## 追分ソーラン風力発電所2号機ブレードチップ破損・部品飛散事故について（最終報告概要）

## 1. 追分ソーラン風力発電所と事故の概要

## (1) サイトの概要

- 所在地：北海道江差町五厘沢（図-1 参照）
- 定格出力：800kW（400kW×2基）
- 運転開始：1998年4月

## (2) 風力発電設備の概要（図-2～図-4 参照）

- 風車：NEG Micon 社製（現在 Vestas 社）
- 定格出力：400kW（G1 発電機） / 100kW（G2 発電機）
- 回転数：35.5/23.9min<sup>-1</sup>
- ローター：直径31m、ハブ高 地上36m

## (3) 事故の概要

- 発見日時：2014年1月31日（金）16時13分（異常を確認）
- 状況：2号機ブレードチップ片側のシェル（FRP製表面部材）が欠損しているのを発見（剥離・飛散したものと推定）。
- 飛散部品寸法：長さ=約2090mm、幅=約700mm、重さ=約10kg

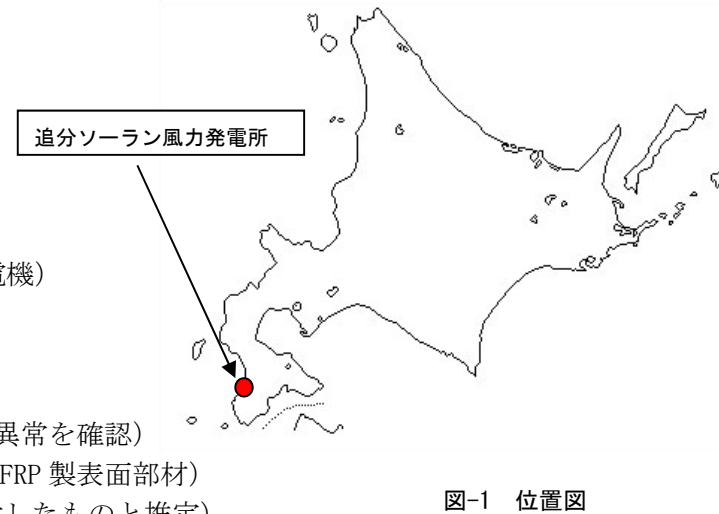


図-1 位置図

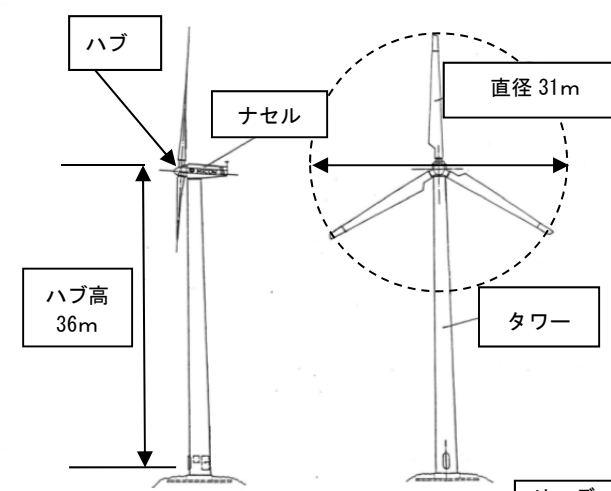


図-2 風車外形図

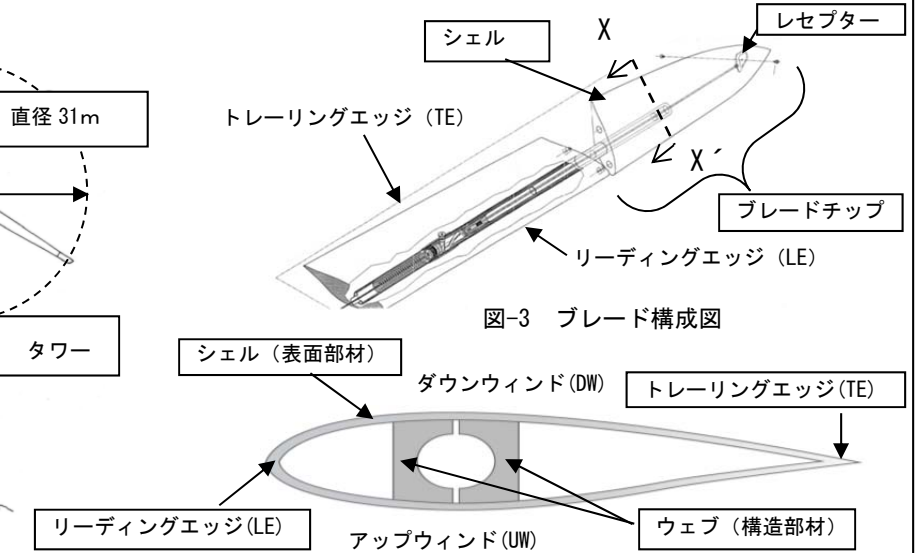


図-4 ブレードチップ断面図 X-X' 断面

## 2. 事故状況

## (1) 運転状況と事故前後の経緯

- 1月25日 全ブレードの臨時点検を実施。ブレード全体の外部外観をロープアクセスにて点検し、ブレードチップを含む全ブレード表面に運転に支障のある損傷箇所がないことを確認。
- 1月31日 13:18 遠隔定時監視にて、出力425kW、風速16.3m/sを確認。  
14:01 他社よりブレード変色の情報提供を受け、遠隔操作にて1号機・2号機風車運転停止。  
16:13 現地業務委託先にて点検の結果、2号機ブレードの異常を確認。
- 2月01日 当社風車保全員がDW（ダウンウィンド）シェル欠損を現地確認し、破損ブレードを下向き処置。
- 2月02日 欠損したシェルの検索開始。
- 2月19日 破損したブレードチップを取り下ろし。
- 4月16日 南東に120m離れた国有林内で欠損したシェルを発見

事故は、臨時点検実施日であり最後にブレードが正常であることが確認された1月25日正午から、シェル欠損発見時の1月31日16時13分までの期間に（この期間を事故発生想定期間と表記する）発生したと考えられる。

## (2) 気象状況

- 1) 気象状況 事故発生想定期間中、26、28、30日は冬型が崩れ気温が高く雨が見られたのに対し、27、29、31日は気温が氷点下となり、雪の天候であった。

なお、フランクリン・ジャパン社の調査によれば、この期間中に当該風力発電所を中心として半径10km圏内に落雷は確認されていない。

- 2) 風況 事故発生想定期間の平均風速は、弱風の1月25日を除くと約8.8m/sと、過去の1月の平均風速（7m/s）以上であり、やや強い風況下であったといえる。特に31日は風速が大きく、日平均風速13.1m/sであった。また、最大瞬間風速（3秒平均）は約23m/sに達した日が多い。

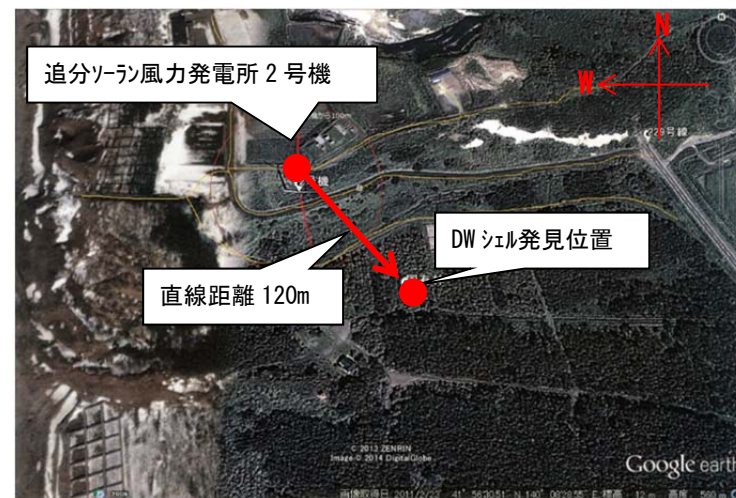


図-5 シェル飛散状況

## (3) 事故状況

事故発見時のブレードチップの状況と飛散したシェル発見時の状況を図-7に示す。



図-6 ブレードチップの破損事故状況、飛散したシェルの状況

ブレードチップの破損状況：

DW側のシェル全体がほぼ原型を保った状態ではく離、脱落しており、残されたウェブとUW側のシェルは正常な取り付け状態であった。

破損したブレードチップ内部には今回の事故に直接関連する被雷の影響は見られなかった。



図-7 2002年1月破損発見時の状況

## 3. 設備メンテナンス状況

## (1) 過去の事故・故障履歴

2002年1月、被雷によりDWシェルが損傷していることを発見した。この損傷は2001年12月30日の落雷によるものと推定される。この段階では今回の事故にはく離したDWシェルは脱落していなかった。しかし、翌2月の補修時には当該DWシェルは付近に脱落していた。

同月、脱落したDWシェルをウェブとUWシェルに接着し補修したが、補修内容の詳細については報告書の記述が乏しく、不明確な部分も多い。そのため、補修時の接着作業の適切性については、明確な判断ができない。



図-8 2002年2月実施の補修の様子

## (2) 点検の状況

至近に行った点検実績を表-1 に示す。

今回事故にてはく離れた DW シェル自体に関しては、2011 年 8 月 10 日～8 月 11 日に実施したブレード詳細点検にて、表面にペイントクラックの発生が確認された。このとき LE、TE 接着部には亀裂は確認されなかった。

表-1 至近の点検実績一覧

点検種別	点検頻度	至近点検日	結果と対応
ブレード詳細点検	随時	2011 年 8 月 10 日～ 8 月 11 日	ブレード先端亀裂 ⇒ 一部補修
ブレード補修	ブレード降下作業に伴い 実施	2013 年 9 月 25 日～ 9 月 28 日	軽微なブレード補修
定期点検	1 回/6 カ月	2013 年 9 月 29 日	外観目視異常なし
月次点検	1 回/月	2014 年 1 月 16 日	外観目視異常なし
ブレード臨時点検	和風風力 1 号機事故に伴い 実施	2014 年 1 月 25 日	ロープアクセス目視 ブレード損傷なし レセプター機能異常なし

## 4. 事故原因の分析

### (1) ブレードチップの接着構造

今回の事故により、ブレードチップは概ね 図-9 のような 2 つの部分に分離した。

これら 2 つの部分の接着構造については、当該ブレード製造者である LM Wind Power 社への聞き取り等から図-10 のようになっていることがわかっている。

分離した 2 つの部分は下記 i) ～ iii) の 3 箇所にて接着されている。

- i) DW シェルとウェブの接着面
- ii) リーディングエッジ (LE) 接着部
- iii) トレーリングエッジ (TE) 接着部

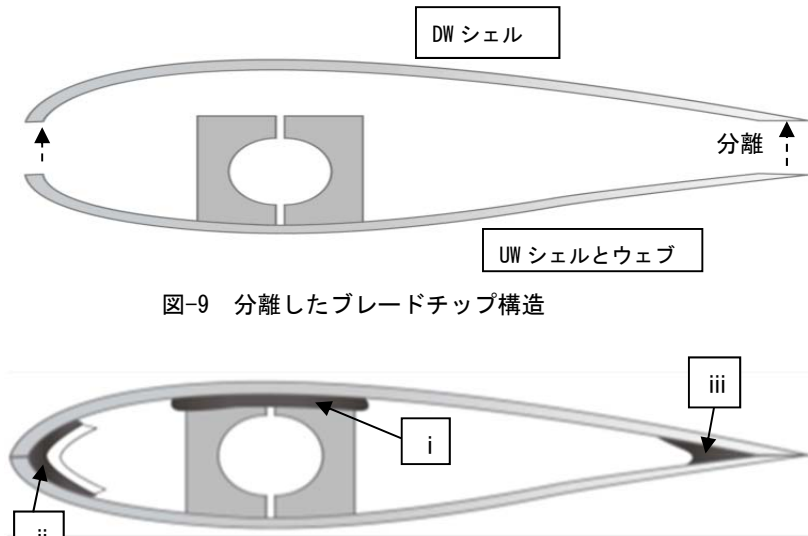


図-9 分離したブレードチップ構造

図-10 分離した 2 つの部分に関する接着部

### (2) 通常のブレードチップの接着方法

シェルとウェブの主な材料である FRP は、ガラスファイバーに樹脂 (=プラスチック) を染み込ませ、弾性率を向上させた複合材料である。

シェルの表面には FRP の対候性を高めるための保護剤であるトップコート、ゲルコートによってコーティングされている。

グルーと FRP が直接接着されている構造となっているため、この部分が引きはがされた場合、FRP もしくはグルーの破損を生じ、そのはく離面にグルーの割れやガラスファイバーの毛羽立ちが生じる。

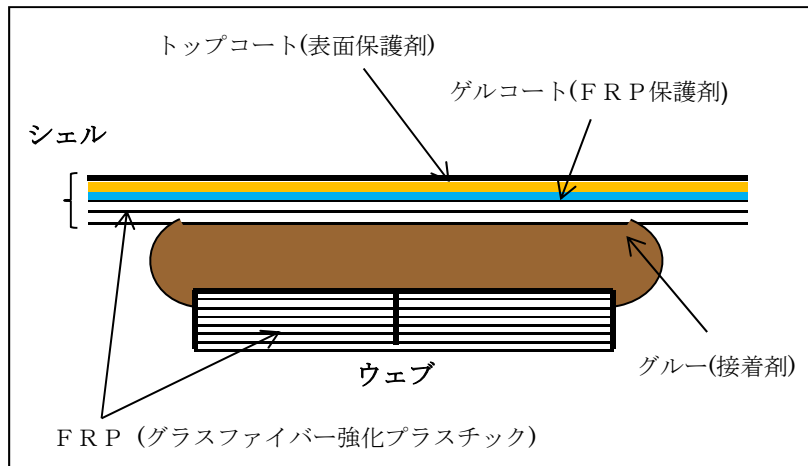


図-11 シェルとウェブの接着構造

### (3) 破損したブレードチップとシェルの接着面の観察

#### 1) DW シェルとウェブの接着

図-12 に破損したブレードチップのウェブ側接着面を示す。

ウェブの先端から 1000mm 程度の長さの部分にはグルーによる接着の形跡と、ガラスファイバーの跡が見られるが、ウェブの根元から 700mm 程度の長さの部分には接着された形跡は無く、接着部分が引き剥がされた場合に見られるはずのグルーの割れや、ガラスファイバーの毛羽立ちの様子が無い。

また、DW シェル側のウェブとの接着面では、ウェブ側接着面と同様に先端から 1000mm 程度の長さの部分には接着の形跡が見られるが、根元側の 700mm の部分には接着の形跡が見られない。

以上から、ウェブと DW シェルの接着は、根本から 700/1700 ≒ 2/5 程度の長さの部分で接着が行われていなかった可能性が考えられる。



図-12 ウェブ接着面の様子 (左写真: ウェブ側、右写真: DW シェル側)

#### 2) LE 接着部

図-13 に LE の接着部分を示す。

先端側についてはガラスファイバーに樹脂が十分に浸透していない、すなわちガラスファイバーと樹脂が分離している状態で剥がれていることがわかる。

一方、根元側は樹脂とガラスファイバーが一体化しており、表面が毛羽立っている

すなわち、LE においては十分に接着されていた部分と、一部接着が不十分なところがあった。

#### 3) TE 接着部

全体的に接着されていた形跡があり、TE 接着部には特に問題は無かったと見られる。



図-13 LE 接着部の様子

#### 4) チップ先端部

図-14 にチップ先端部を示す。

DW シェルとともに離した部分と、UW シェル側に残った部分とに分離しているが、その2つの部分の境目となる損傷部を見ると、グラスファイバーとトップコートの混合が行われた形跡がある。

通常、このような混合をすることはなく、強度を保てるような接着となっていなかったと推定される。



図-14 チップ先端部の様子

#### (4) ブレードメーカーによる現地調査

LM Wind Power 社による調査報告書によると以下の報告がなされている。

- 1) 過去の補修（2002年2月）では全般的に小規模補修用素材で行われており、構造補修及び接着補修として妥当なものではなかった。
- 2) ウェブとシェルの接着においてはほとんどその形跡を認めることができない箇所があった。これらが接着されていないとすれば、運転中にはく離するのは時間の問題であった。
- 3) LE、TE の接着に関しても弱かった部分も見られ、グラスファイバーの積層はく離が見られる。

#### (5) 有識者による現地調査

有識者へ現地調査を依頼し、以下の見解を得た。

- 1) 2002年2月のブレードチップの損傷事故の補修が十分なものでなかったと考えられる。
- 2) 2002年2月の補修記録が十分整備されていない。先の補修記録が十分でなかった点を考慮して、点検マニュアル、点検内容、点検基準等を見直し、経過観察ができる体制を構築することが必要である。
- 3) ブレードメーカーに対してこのような損傷における正規の補修方法について照会、確認をとる必要がある。

#### (6) 事故原因のまとめ

##### 1) 不十分な補修作業

2002年2月のブレードチップ補修時に DW シェルの接着が十分に行われなかったため、劣化が徐々に進行し、はく離したものと推定する。

##### 2) 検査方法の未確立

2002年2月の大規模な補修について、検査方法が確立していなかったため、補修の適切性を評価できなかった。

##### 3) 経過観察の未実施

過去の大規模補修部分を認識して点検していなかったため、劣化兆候を発見できなかった。当該部分を定期的に経過観察していれば、劣化兆候を早期に把握できた可能性がある。

#### 5. 再発防止策

##### (1) 補修作業のメーカーへの委託

不十分な補修作業を防ぐために、ブレードの大規模補修（\*）が発生した場合には、ブレード製造メーカー、またはそれに準ずる専門事業者を選定し、委託する。専門事業者の選定にあたっては、経験、実績等に基づき社内評価を実施する。

\*）大規模補修：ブレード、ブレードチップにおいて内部構造部材（ウェブ等）及び LE の内部接着作業が必要な補修で、目安として長さ方向の接着部分が 500mm を超えるもの。

##### (2) ブレード補修に関する社内体制の見直し

不十分な補修作業を防ぐために、自社の補修技術向上を図ることを目的として下記2点を実施する。

- ・専門事業者による当社ブレード補修作業員の再訓練（本年度末目途）
- ・同型ブレード補修マニュアルの制定（本年8月末目途）

##### (3) 大規模補修後の完成検査の実施

補修作業の健全性を確認するため、大規模補修後に内部構造部材、LE の接着状況を打音検査または超音波診断により検査する。

##### (4) 大規模補修後の定期的な経過観察

大規模補修を行った履歴のあるブレード、ブレードチップに関しては、1年に1回経過観察（目視点検、打音検査）を実施し、補修時の接着部分に劣化がないことを確認する。

##### (5) ブレード点検の強化

全機についてブレード詳細点検を定期的実施することとし、点検で使用するブレード点検マニュアルを制定し、点検内容、基準などを明確化した(2014年5月制定)。

冬季雷地区および日本海エリア：1回/年  
その他のエリア：1回/3年

#### 6. まとめ

今回の事故に関する原因としては、①不十分な補修作業、②検査方法の未確立、③経過観察の未実施が明らかになった。

事故の原因を鑑みて補修作業のメーカーへの委託、ブレード補修に関する社内体制の見直し、大規模補修後の完成検査、定期的な経過観察等の再発防止策を策定し、今後はこれらの対策を確実に実施して安全運転に努めて行く。