

苫前グリーンヒルウインドパーク 11号風車破損事故報告（中間報告）

1. 設備概要と事故概要

(1) 設備概要

- ・所在地：北海道苫前郡苫前町上平15-1
- ・定格出力：20MW(1,000kW x 20基)
- ・運転開始：1999年11月1日

(2) 風車発電設備概要

- ・製造者：Bonus Energy A/S  
(現 Siemens Wind Power A/S)
- ・種類：プロペラ型 アップウィンド式
- ・出力：1,000/200kW (極数切替方式)
- ・回転数：22/15rpm
- ・ロータ直径：54.2m

(3) 事故概要

- ・推定時刻：2013年9月5日(木)4:44頃
- ・状況：主軸の破断による、ロータハブ(ブレード3枚含む)が脱落・落下

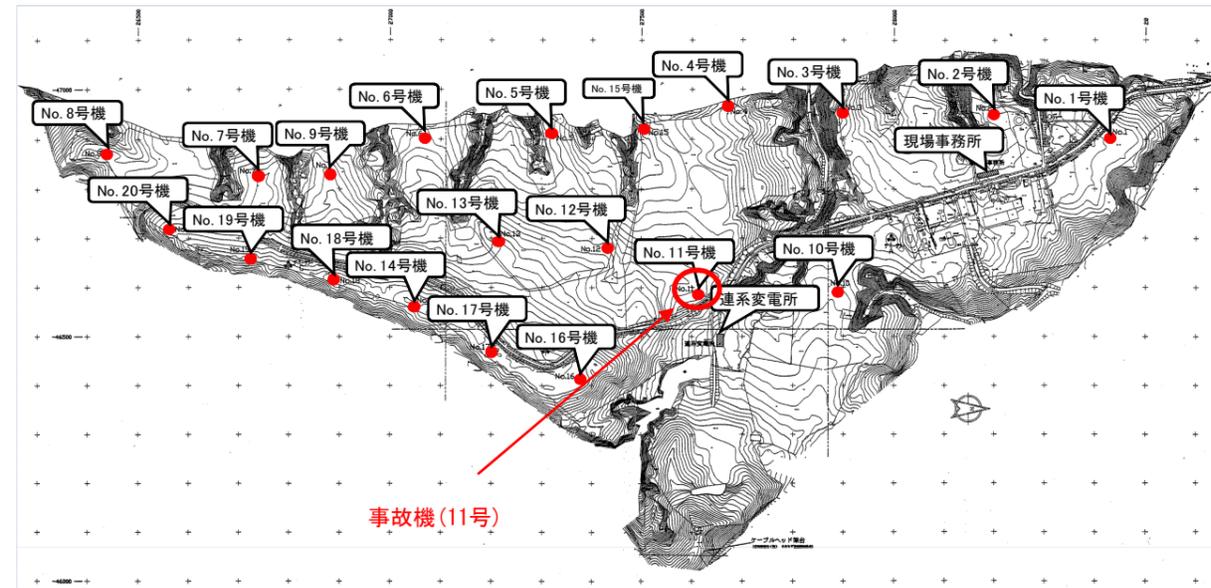


図1-1 風車レイアウト図

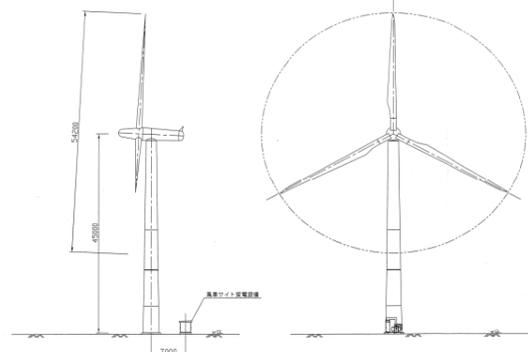


図1-2 風車外形図



図1-3 事故状況

2. 事故状況

(1) 事故発生時の気象状況

旭川地方気象台の留萌地方羽幌の気象データによると、事故発生前日の9月4日(水)は昼間から小雨が降っており、5日(木)3:00まで降り続けていた。同日の4:00時点では南西の風6.5m/s(天候：曇り、気温：22.2℃)であり、5:00時点では南西の風8.7m/s(天候：曇り、気温：22.2℃)であった。

(2) 事故発生時の運転状況

9月5日(木)に記録されたアラームログからは、4:44に「Overspeed VCU(過回転)」が発報し、続けて「G-Sensor Activated(加速度異常)」、「Pitch (A,B,C) encoder error(ブレード角度検知センサー異常)」、「Hyd.Oil Level/Temp error(制御油レベル/温度異常)」が発報していることが確認された。

また、SCADAに残された運転データより、風速、ロータ回転数、発電出力、ナセル角度の10分平均値は、下記の通り確認された。

①風速は、事故発生前日の9月4日(水)14:00頃までは3~5m/s程度であり、その後上昇して8~10m/s程度となり、事故発生時は10m/s弱の風速であった。

②運転状況は、9月4日(水)15:00頃までは小発運転(当該機の発電機は、大発と小発の極数切替方式を採用)であり、それ以降は大発運転を行っていた。ロータ回転数は、小発運転時に14rpm、大発運転時に21rpmであり、風車の定格回転数15rpm/22rpm)とほぼ一致している。発電出力は、風速の変化に伴い推移し、風車の運転状況に異常は見られない。事故発生直前の9月5日(木)4:40の10分間平均発電出力は約600kWであった。

③ナセル角度は、9月4日(水)6:00~14:00は概ね北東、4日(水)15:00~5日(木)1:00は東南東、それ以降は西方向にナセル旋回し、事故発生の4:44は南西方向であった。

(3) ロータハブ落下状況

ロータハブ落下状況を図2-1に示す。ロータハブは南西方向を向いていたナセルから、ほぼ真下に落下していた。ブレードはハブと接触もしくは近接した位置に落下しており、ブレード損傷に伴うFRP等の飛散物の範囲もブレード落下地点の近隣のみであったことから、ロータ過回転の様相は見られなかった。

(4) 主軸破断状況

①ハブ側主軸破断面(落下側)【図2-2 参照】

主軸の破断面を確認したところ、典型的な疲労破壊の様相であった。また、亀裂発生起点と思われる箇所は、主軸段付き部(軸受と軸受カバー装着部の間)の曲率半径R部(下記図3-1参照)に複数(少なくとも3ヶ所)あった。

②ナセル側主軸破断面【図2-3 参照】

ナセル前部カバー(下側)が約180度反転しており、その撤去は安全確保上困難と判断し、確認可能な範囲で調査したところ、以下の様相が確認された。

- ・主軸直径は約510mm(設計は530mm)
- ・主軸の周りに約20mm幅のリングあり(設計はリングなし)
- ・主軸段付き部の曲率半径Rは約1mm程度(設計は10mm)
- ・主軸段付き部の曲率半径R付近には溝なし(設計は溝有り)

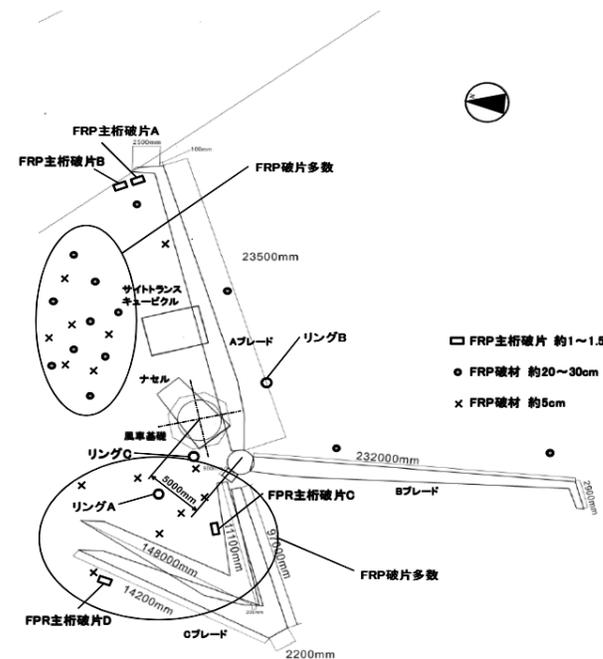


図2-1 ロータハブ落下状況



図2-2 主軸破断面(ハブ側)



図2-3 主軸破断面(ナセル側)

### 3. 主軸および軸受の履歴

#### (1) 主軸の概要

主軸の断面図、主軸段付き部を図3-1、3-2に示す。主軸段付き部には、応力集中を和らげるために曲率半径 $R(R=10\text{mm})$ の加工がなされる。

主軸の材質は、Fe510規格品(UNI規格)であり、炭素量が0.2～0.23%の低炭素鋼である。熱処理はなされていない。

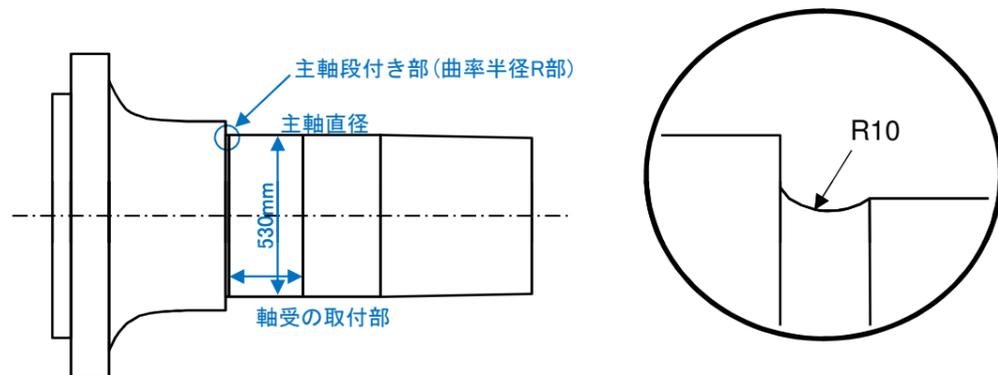


図3-1 主軸断面図(風車メーカー設計)

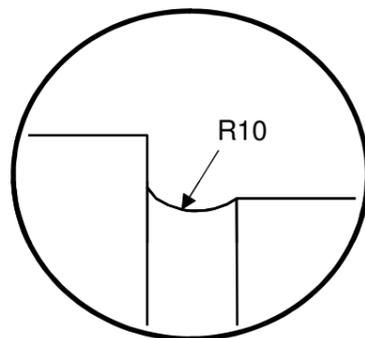


図3-2 主軸段付き部

#### (2) 事故機の保守点検履歴

苦前11号機の主軸および軸受の保守履歴を整理すると、2012年3月に軸受の外輪の欠けを確認し、その後、2012年5～6月に主軸および軸受の交換を実施した。

主軸および軸受の交換後は順調に稼働し、2012年11月9日および2013年7月26日の定期点検、2013年8月20日の巡視において、主軸および軸受に異常の兆候はなかったが、9月5日に主軸の破断事故が発生した。

#### (3) 事故機の主軸履歴

当該主軸は、1999年11月～2011年12月までの間、苦前7号機で使用されており、2011年12月23日に軸受の焼付き不具合により、当該機から降ろされた。その後、国内の修理業者(A社)に搬入され、修理後、2012年6月から、苦前11号機で使用されていた。

A社に搬入・分解時には、主軸と軸受の取付部の損傷が著しく、外径が風車メーカーの設計寸法より小さくなっていた。(風車メーカー設計:530mmに対して、実測値:526mm)

#### (4) A社による主軸の修理方法

当該主軸の修理は、以下のように実施された。

①主軸の軸受取付部は損傷が著しいため、機械旋盤により直径20mm程度旋削し、細くなった部分には外径を設計寸法に合わせるため、厚み10mm程度のスリーブを焼き嵌めた。

②主軸段付き部は、曲率半径 $R$ の加工は施していない。

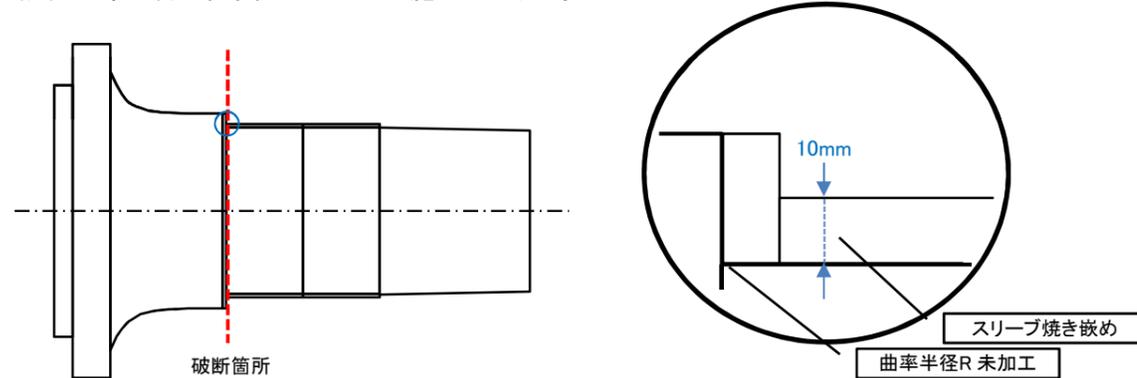


図3-3 主軸断面図(A社修理図面)

図3-4 修理加工部

### 4. 事故原因の究明方針

以上を整理すると、今回事故を起こした苦前11号機の主軸に関しては、

- ・軸受の焼付きの経緯がある(苦前7号機にて)。
- ・国内修理業者(A社)にて修理を行った際に、当社の指示が不十分であり、不適切な修理が行われたことが明らかとなった。

今回の主軸破断は、直接的には「主軸の疲労亀裂」に起因すると言えるが、疲労亀裂の発生原因については、以下の2通りが考えられる。

- ①主軸の不適切な修理(修理時期:2012年3月～2012年4月, 運転再開:2012年6月)  
風車メーカーの原設計と異なる修理を行ったこと。即ち、主軸の径を20mm程度旋削し、更に主軸段付き部の曲率半径 $R$ を施さず、当該部の応力集中を特段に高める結果となった。
- ②軸受の焼付き(発生時期:2011年12月(7号機にて))  
軸受の焼付きに伴い、主軸と軸受の内輪との間で摺動が発生し、主軸が高温となったことにより主軸の強度が低下し、亀裂が発生。  
主軸修理にて、疲労亀裂の一部は旋削されずに残り、その後の11号機の運用中に亀裂が進展した。

しかしながら、下記の事実から導き出せる現在までの観察では、①の事由(主軸の修理)に起因する可能性が極めて高いものと推定される。

- イ)原設計に基づき施された「曲率半径 $R$ 」を、主軸の修理により削り取った事実は、主軸の応力集中を特段に高める措置であり、当該部の疲労亀裂を招きやすくしていたこと。
- ロ)事故が直近の月例巡視から比較的短時間に発生しており、短時間に急速に亀裂が進展したものと推定されること。

従って、今後は「②軸受の焼付き」を考慮しつつ、「①主軸の不適切な修理」の要因に焦点を当てて調査・検討を進める。具体的には、以下の対応を行い、主軸破断メカニズムを立証して、事故原因の究明を行う。

#### A. 苦前11号機の破断面確認

主軸破断に至る亀裂発生メカニズム解明のため、破断面を顕微鏡で確認する。なお、ナセル上に残存している主軸破断面もナセルを降ろし次第確認する。また、亀裂がどの時点で発生したかの検証も試みる。(2013年10月下旬目処)

#### B. 亀裂進展速度、疲労応力等の定量的解析

亀裂発生から破断までの時間を推定し、主軸破断メカニズムを立証するために、亀裂進展速度、発生応力に対する設計裕度、事故発生要因の定量的解析を試みる。(2013年10月下旬目処)

#### C. 詳細寸法測定、非破壊検査

事故機以外の同型機の状態確認と主軸破断メカニズム解明のために、現在A社で修理中の主軸(当社の浜頓別2号機から降ろしたもの)に加え、過去の運転履歴を考慮した上で、苦前1, 7, 20号機から主軸および軸受を降ろし、外観目視点検と各所寸法測定に併せて、非破壊検査を実施する。(2013年10月下旬目処)

### 5. 当面の措置および今後の取り組み

- (1)上記4に記載した通り、主軸破断のメカニズムを立証・確認し、事故原因を究明する。
- (2)事故機以外に当社が国内で保有する全ての同型機(全25機)の非破壊検査等を行うことで健全性を確認する。
- (3)主軸を含めた主要部品の補修に関わる基準策定等、社内管理体制の整備を始めとする再発防止策の検討を進める。
- (4)一ヶ月以内を目途に、事故原因および再発防止策を網羅した報告書の作成・提出を目指す。