

# ブレードの点検・補修に関するアンケート調査結果と 今後の対応について



2020年6月3日

一般社団法人 日本風力発電協会

<http://jwpa.jp>

# 1. はじめに

- 東伯風力発電所のブレード折損の事故を受けて、日本風力発電協会（JWPA）では、まずは実態を把握するため、ブレードの点検・補修方法について、主な事業者アンケート調査を行った。
- ここでは、アンケート調査の結果を報告するとともに、今後の対応について検討したので報告する。

# 2. アンケート調査方法

- アンケートでは、東伯風力発電所の事故原因となっている項目（リーディングエッジの開口、コード方向クラック等）について調査を行った。
- 調査は、添付のアンケート調査票を大手の事業者、メンテナンス会社に送付し回答いただいた。調査期間は、2020年5月1日～5月15日。
- 事業者5社、メンテナンス会社1社（事業者へ推奨する内容）から回答があった。
- なお、アンケート調査の内容については、電力安全課と事前に協議した。

# 3. アンケート調査結果

- 主なアンケート調査結果を以下に示す。（ ）内の数字は、回答のあった会社数を示す。

## 3-1 質問1

東伯風力発電所のブレードの事故原因に該当する①リーディングエッジ部の開口、②コード方向のクラックが点検で確認された場合、運転を止めるか否か、またどのような処理を行いますか。

- 1) ①リーディングエッジ部(LE)の開口
  - ・LE開口の長さによらず停止(2)、基本的に長さによらず停止(1)
- 2) ①LEの開口、②コード方向クラック
  - ・東伯風力と同程度の損傷の場合は停止(2)
  - ・風車メーカーの見解が出るまで停止(1)

## 3-2 質問2

保安停止を行うと判断するブレード損傷の例を記載願います。

- 1) 1) 保安停止を行うと判断する項目
  - ・LE開口(5)
  - ・スパー等の剥離(接着剥がれ)(3)
  - ・TE開口(2)
  - ・先端口開き・レセプタ部剥離(2)
  - ・亀裂・裂傷(2)
  - ・FRP・構造体損傷(2)
- 2) LE開口に関する回答の内訳
  - ・LE開口の長さに関する停止の判断基準あり(推定含む)
    - ・LE開口がある(2)、LE開口長さの例150mm以上(1)
  - ・LE開口の停止基準は損傷レベルによる(1)
  - ・LE開口がある(1)

### 3-3 質問3

ブレードの補修を行うまでの期間、ブレードが損傷した箇所の管理はどのように行っていますか。

#### 1) 経過観察

- ・損傷個所の進展を経過観察する(年2回定期点検:2、月次点検:1、期間未記入:2)
- ・写真等で記録に残す(2)

#### 2) 補修

- ・ブレードの補修着手までに時間を要する場合、当該部位の損傷が拡大しない処置を実施、巡視点検を強化し前述の処置が機能していることを確認(1)
- ・落雷等で大きな損傷が発生した場合は飛散防止の応急処置を実施(停止の風車含む)(2)

### 3-4 質問4

①リーディングエッジの開口、②コード方向のクラックがあった場合、どのような方法で補修を行いますか。可能な限り具体的に記載願います。

#### 1) 開口の補修方法(コード方向も同様)

- ・開口部研磨・研削、再接着、FRP積層、塗料塗布(5)

#### 2) ブレード交換

- ・補修不可の場合はブレード交換

## 3-5 アンケート結果まとめ

- ブレードのリーディングエッジ(LE)に開口があった場合、開口の長さによって風車を停止するか否かは会社によって異なる。開口があった場合、長さによらず停止する会社は6社中3社。
- 東伯風力と同程度の損傷があった場合は、アンケートした会社では風車を停止する(停止を推奨する)と想定される。
- 保安停止を判断する主な項目は、LE・TEの開口、先端部開き・剥離、亀裂・裂傷、スパア等の剥離である。LE開口を保安停止判断の項目としている会社が多い。LE開口の長さに関する停止の判断基準(推定含む)を設定している会社がある(6社中3社)。
- 経過観察とした風車は、損傷個所の進展がないか、月例点検、定期点検時に点検している。

## 4. 今後の対応

- 風力発電設備は、メーカー・機種毎に仕様が異なることから、2017年4月に施行された定期事業者検査の方法の解釈においても、「検査方法及び判定基準は、メーカーの技術資料等に基づいて設定する。」とされている。
- 点検の方法に関しては、JWPAで原案を策定した「JESC V0002(2017) 風力発電設備の定期点検指針」(JEA発行)で補足している。
- しかし、風車ブレードの事故が発生していることから、風車ブレードの点検・補修に関しては、その実態を把握するとともに、業界で共通となる指針(補修後の判定基準を含む)の策定を行っていきたいと考えている。
- 定期安全管理検査制度導入の前と同様に、JWPA内に指針策定の検討委員会を設置して取り組んでいく予定である。
- JWPAで策定する指針については、「JESC V0002(2017) 風力発電設備の定期点検指針」を定めた時と同様に、国の法令等に取り込んでいただきたい。

# ＜添付＞アンケート調査票

2020.5.1 JWPA

ブレードの点検・補修に関するアンケート調査票

## 1. 事故の原因

東伯風力発電所の事故の原因は、①ブレードのリーディングエッジ (LE) 部の開口 (31m～ブレード先端の間 2.5m)、②コード方向 (LE 直角方向) のクラック 20cm (31m付近)、と推定されています。

## 2. 質問・回答

以下の質問に回答願います。メンテナンス会社の方は、事業者にどのような対応を推奨しているか記載願います。

| 質問   | 回答 | 回答例  |
|--|----|--|
| 東伯風力発電所のブレードの事故原因に該当する①リーディングエッジ部の開口、②コード方向のクラックが点検で確認された場合、運転を止めるか否か、またどのような処理を行いますか。 |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>開口がある場合は長さによらず風車を止める。</li> <li>開口をふさぐ応急処置 (保護シート等) を施して運転する。〇〇ヶ月後に補修する。</li> <li>風車メーカーに処理の方法を問い合わせる。風車メーカーの見解が出るまでは風車を止める。</li> <li>開口が〇〇な場合は、特別採用として運転を継続する。</li> </ul> |
| ブレードの補修を行うまでの期間、ブレードが損傷した箇所の管理はどのように行っていますか。   |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>補修するまでの期間は、応急処置した箇所が損傷していないか、〇ヶ月点検で経過観察する。補修箇所の状況は写真等で記録に残す。</li> <li>開口の進展があるか否か経過観察し、亀裂の長さ等を写真等で記録に残す。</li> </ul>   |
| ①リーディングエッジの開口、②コード方向のクラックがあった場合、どのような方法で補修を行いますか。可能な限り具体的に記載願います。                      |    | <ul style="list-style-type: none"> <li>開口部研磨・研削、再接着、塗料塗布。</li> <li>補修箇所は打音検査、超音波診断により検査。</li> <li>ブレードを交換する。</li> <li>風車メーカーに補修を依頼する。</li> </ul>   |
| 保安停止を行うと判断するブレード損傷の例を記載願います。   |    | —  |

# <抜粋> 東伯風力発電所 事故報告 (2020.4.1新エネWG資料)

## 3. ブレードの点検状況

### (2) 直近の点検結果

当該ブレードのロープ点検 (2019.5.31) にて、先端部近辺のリーディングエッジ (LE) 部に約2.5mの範囲の中で開口、繊維損傷等があったことが確認され、当該機は要観察 (月例点検において目視にて点検) の対象となっていた。

図3-2 直近のブレード点検結果写真



7. 31m~Tip部 開口、繊維損傷

10. 31m コード方向クラック20cm



図3-1 直近のブレード点検結果

| 番号 | Rootからの距離    | 面             | 損傷の種類   |
|----|--------------|---------------|---|
| 1  | ~5m          | LE            | コード方向表面塗装クラック多数<br>最大5cm                                |
| 2  | ~5m<br>~21m  | PS<br>TE~50cm | コード方向表面塗装クラック多数<br>最大20cm                               |
| 3  | ~5m<br>~8m   | TE            | コード方向表面塗装クラック多数<br>最大10cm                               |
| 4  | ~6m          | LE            | コード方向表面塗装クラック 20cm<br>スパン方向表面塗装クラック 43cm<br>表面塗装剥離 2cm角 |
| 5  | ~6m          | SS<br>LE~10cm | 表面塗装クラック多数 最大8cm  |
| 6  | ~20m         | LE            | スパン方向クラック 14cm  |
| 7  | ~21m<br>~TIP | LE            | 21m~Tip エロージョン<br>23m付近 貫通有<br>31mからTipにかけて開口、繊維損傷有     |
| 8  | ~21m         | SS<br>TE~30cm | 表面塗装クラック 2cm角   |
| 9  | ~30m         | PS<br>LE~40cm | 表面塗装剥離 1cm角<br>仮補修跡有                                    |
| 10 | ~31m         | LE~<br>SSにかけて | コード方向クラック 20cm<br>繊維損傷有                                 |
| 11 | Tip~2m       | SS全面          | 表面塗装クラック多数 最大3cm  |
| 12 | Tip~2m       | PS<br>TE~20cm | 表面塗装剥離 2ヶ所 最大1cm角                                       |
| 13 | Tip~30cm     | SS<br>LE~20cm | 落雷によるクラック 10cm角   |
| 14 | Tip          | SS            | 落雷による先端割れ有<br>下地露出有                                     |
| 15 | Tip          | SS<br>PS      | レセブタ 落雷痕、溶断有  |

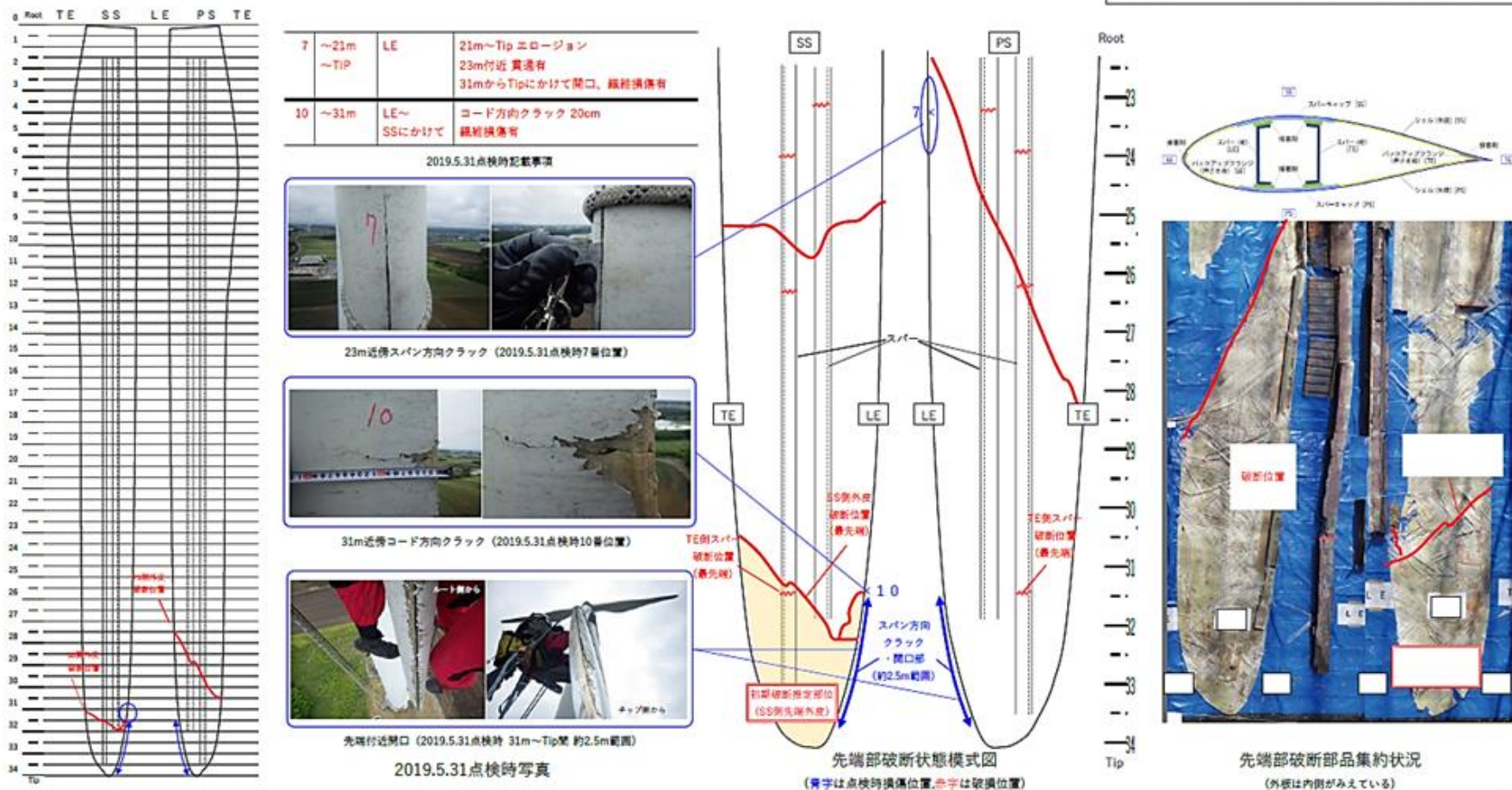


## 4. 事故原因の究明

### (2) 破損起点の推定

破損ブレード集約状況・過去の点検記録から、推定破損開始箇所を先端部SS側外皮と推定。

図4-4 推定破損開始箇所図



## 4. 事故原因の究明

### (5) 原因分析

原因分析の結果、主要因として製造時のLE先端部の切断フランジ、ブレード補修遅れによる部分開口が考えられている(切断フランジのブレード破損への影響についてはメーカーとともに更に調査中)。

表4-1 原因分析表

○：主要因の可能性あり △：現象は見られたが、主要因ではない ×：要因ではない ()はメーカーの現段階評価

| 事象        | 要因                 | 原因                   | 内容  | 評価  | 評価根拠   |  |
|-----------|--------------------|----------------------|---|---|--|--|
| ブレード折損    | A 設計               | 1 設計強度不足             | a 設計仕様強度を満たしていない  | ×   | GLクラス3 (IEC Class II相当) タイプサート取得機種。  |  |
|           |                    | B 製造                 | 2 製造品質不良  | a Spar/Spar cap/Shell FRP強度不足   | ×  | 破損ブレード現物確認の結果、一部樹脂接着が弱かったとみられる部材があるものの、主因ではないと判断。  |
|           |                    |                      |   | b Spar-Spar cap間接着剤強度不足   | ×  | 破損ブレード現物確認の結果、接着剤自身の強度不足があると推定される事象は現状なかった。  |
|           |                    |                      |   | c Spar-Spar cap間接着剤接着不良 (接着剤の過大厚、接着面積不足)  | △ (×)  | 破損品実体で接着幅が少ない箇所は見られたが、GEエンジニアの所見では許容範囲内との判断。残存ブレードのUT検査の結果も、異状なし (今後GEエンジニアの所見入手、委員会確認後再評価予定)。<br>破損ブレードでは接着の剥離による異音が続観察されていたという報告あったが、内部確認の結果、接着時にあふれた接着剤が多量みられており、これが剥離して音を出していたと思われる。 |
|           | d リーディングエッジ部切断フランジ |                      |   | ○ (△)   | 2019年点検記録に、LE部に亀裂(コード方向クラック貫通)あり。破損品・残存ブレード確認の結果、LE部バックアップフランジ部のガラスファイバーレイヤーが製造時に外部に巻き込まれて切断されている(切断フランジ)箇所がみられた(切断フランジの有無や、その影響については、GE調査・検討中: GEの現段階評価は△)。 |  |
|           | C 運転               | 1 風況異常               | a 過去風況 (風速・乱流) が過大で疲労蓄  | ×   | 他のサイトに比して定格風速低い。乱流も特に変わらず。   |  |
|           |                    |                      | b 風速過大 (事故時)  | ×   | 特に異常なデータは確認されず。よって、当日の高風速が破損の起点となったことは否めないが、主因ではないと推定。日本気象協会による調査からも異常は見られない。  |  |
|           |                    |                      | c 乱流・突風 (事故時)   | ×   | 異常な乱流は確認されなかった。タワー周辺に突風の痕跡なし。タワーヒットの痕跡はない。   |  |
|           |                    | 2 落雷                 | a 落雷 (事故時)  | ×   | 落雷情報なし。  |  |
|           |                    |                      | b 落雷 (過去)   | ×   | 過去落雷実績 (痕跡多数) あるが、現物確認の結果、今回の破損につながるような落雷痕はなし。   |  |
|           |                    | 3 外的衝撃               | a 飛来物衝突   | ×   | タワー/他ブレード等に痕跡なし。   |  |
|           |                    | 4 制御異常               | a ピッチコントロール異常で過大作用  | ×   | 異常作動履歴なし。  |  |
|           |                    |                      | b ヨーコントロール異常で過大作用   | ×   | 異常作動履歴なし。  |  |
| D メンテナンス  | 1 損傷履歴             | a 過去に損傷・補修履歴あり       | ×   | 大がかりな補修履歴無き事確認済み。   |  |  |
|           | 2 異常兆候             | a リーディングエッジのエロージョン   | △ (○)   | 21m~TipにかけてLE部全面的に発生している。先端部は開口となっていた(残存ブレードにもLEの開口があり) GEは破損ブレードもエロージョンによって開口が発生したと推定:GEの現段階評価は○)。 |  |  |
|           |                    | b リーディングエッジのクラック・部分開 | ○   | ルートから23m近隣、31m~先端部等にLEコード方向クラック・開口等の記録あり。   |  |  |
| c レセプター異常 |                    | ×                    | メンテ記録でPS側が測定不能との記録あり。ただしSS側は導通していたこと、当日落雷が無いこと、破損ブレード現物に大きな落雷損傷(焦げ等)が見受けられないことから、起因とは考えづらい。 |   |  |  |

[推定破壊ストーリー]

長期使用に伴う先端近傍LEエロージョン部に切断フランジに起因したと推定される貫通コード方向クラックが発生し、ねじり強度が不足した状態となっていた。スパン方向亀裂の終端(切断フランジと健全フランジ部との境目)に発生していたコード方向SS側クラック部が進展し、事故当日にSS側外皮剥離が発生し、最終破壊に至った(先端部エロージョン+リーディングエッジ部貫通スパン方向クラック→クラック終端SS側コード方向クラック部からSS側外皮剥離→折損)