



小形風力発電機 SWP-19.8kW
ブレード破損と補修について

2022年1月12日



1. CPOWERについて	3
2. SWP風車について	4
3. ブレード損傷事故	8
4. ブレード損傷状況	10
5.原因と対策	12
6. 亀裂発生の要因	13
7. 対策	15
8.補修ブレードの強度	25

社名	CPOWER株式会社		
所在地	横浜市西区みなとみらい 4-4-2 横浜ブルーアベニュー12階		
事業内容	小形・中形風力発電機の輸入代理販売・メンテナンス業務		
実績	アイルランド CF20JAPAN	約70基	(輸入販売)
	デンマーク SWP-19.8kW	約120基	(輸入販売・管理請負)
	中国 GHRE FD16-19.2	約10基	(販売)

沿革

- 2016. 3 CPOWER株式会社設立
- 2016. 3 C&Fグリーンエナジー社 CF20JAPAN 輸入販売開始
- 2017. 7 ソリッドウィンドパワー社 SWP-19.8kW輸入販売開始
- 2020. 2 GHRE FD16-19.2/FD25-49/100取扱開始



(参考) 本件におけるCPOWER株式会社の立ち位置について

- 本件は、Solid Production社が製造する「SWP-19.8-14TV20」という風車で発生した事故についての報告。
- CPOWER株式会社は、当該風車を販売する販売代理店の一つ。
- メーカー・事故機所有者に代わり、本件の調査等を進めている。



SWP-19.8-14TV20 (NK型式認証登録簿 TC-0020)

デンマーク Solid Production社製

-- 仕様 --

定格出力	19.8 kw
ローター直径	14 m
ハブ高さ	18 m
定格回転数	51.2 rpm
カットイン風速	3 m/s
カットアウト風速	25 m/s
耐風速	52.5 m/s

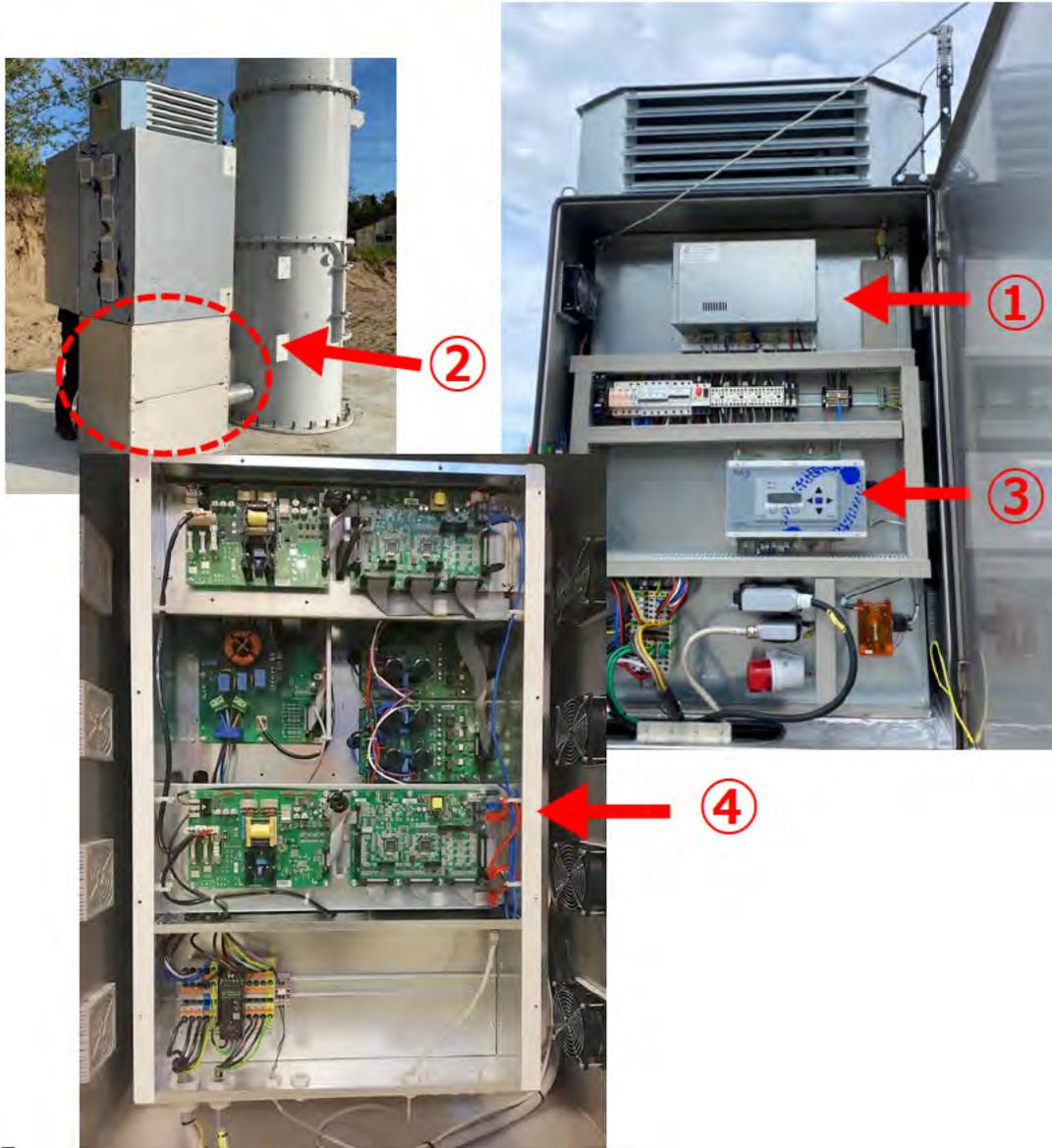
機械的制御

ディスクブレーキ



チップブレーキ





電氣的制御設備 (キャビネット)

デンマーク Orbital社製

- ① ピークリミッタコントローラ
- ② 変圧器 (キャビネット下側)
- ③ コントローラ (キャビネット表)
- ④ インバータ (キャビネット裏)

遠隔監視システム(SCADA)

<https://solidscada.jp/>

オービタル社
サーバー：デンマーク

現在の状態

- ・発電量
- ・風速
- ・回転数
- ・エラー等

履歴表示

- ・発電量・回転数 (月/日/時間ごと)
- ・エラーや操作などの履歴

遠隔操作

- ・停止、始動など



2. ブレード損傷事故

発生時期：2020年1月24日

事故現場：北海道遠別町(えんべつちょう)

事故内容：ブレード損傷

事故原因：ブレード根幹部分の溶接箇所の亀裂



根幹部の溶接箇所
(ブレード脱落した事故機
とは別の設備)

-- 事故の経過 --

2020年 1月24日	北海道で他代理店扱い風車のブレード根幹部損傷によるブレード落下事故発生
2月17日	NK認証一時停止(日本向けの新規製造・出荷停止)
2月19日	国内で稼働中の同型機についてメーカーにより全機遠隔で稼働停止
4月 8日	経産省より停止要請および安全対策などの注意喚起(ウェブ/メール)
4月中旬	メーカー推奨の再稼働手順*に従い全機点検ののち順次再稼働

* 再稼働手順

- ・ブレード根幹部の亀裂 → 非破壊検査 (亀裂が確認された場合は交換)
- ・トレーリングエッジ(TE)亀裂 → 目視点検 (亀裂が確認された場合は指定の手順で補修)

(参考) 事故の概要

- 2020年1月24日、北海道遠別町に設置されたSWP-19.8-14TV20において、ブレードの脱落事故が発生。
- 3本のブレードの内、1本の**根幹部の溶接箇所が破断し、脱落**。
- 脱落したブレードを確認したところ、**トレーリングエッジに亀裂が生じていること**を確認。トレーリングエッジの亀裂は、事故機以外にも多数の既設設備で同様の事象が確認されている。



トレーリングエッジの亀裂の例
(ブレード脱落した事故機とは別の設備)

根幹部の溶接箇所

4. ブレード損傷状況 (CPOWER扱い風車118基よりまとめ)

- ◆ ブレード根幹部の亀裂 : 非破壊検査 → ゼロ
- ◆ トレーリングエッジ(TE)亀裂 : 目視点検 → 118基のうち25基に亀裂あり(21%)

TE亀裂 枚数別内訳

亀裂 1 枚	8 基
亀裂 2 枚	7 基
亀裂 3 枚	10 基

設置エリア別内訳

秋田県	50基中	19 基	(38%)
青森県	23基中	2 基	(8%)
長崎県	18基中	4 基	(22%)

(↑県内に設置した風車における割合)

亀裂なし



亀裂あり



原因 振動によるブレード根幹の溶接箇所およびトレーリングエッジの亀裂



対策1 過度の共振を抑制 → ファームウェアで振動を制御する
メーカーが開発・テスト中

対策2 損傷ブレードの補修 → ・根幹部亀裂は交換
・トレーリングエッジ亀裂はメーカー指定の補修方法に従い補修

対策3 点検方法を改善する → 早期発見・早期対応を図る

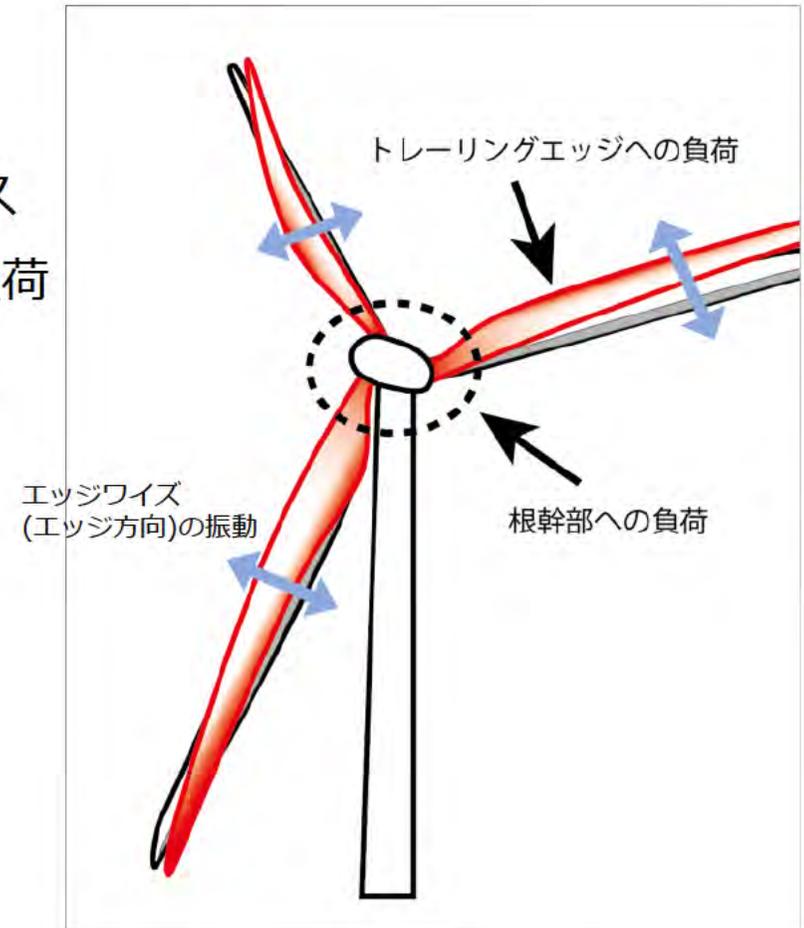
亀裂発生 の 要因

要因1 エッジワイズのブレード固有振動と、ストール効果※やインバーター側からの負荷が干渉することで発生する共振が継続

固有振動 + インバーター側からの負荷



共振により負荷が増大



※ ストール効果：強風時にブレードの回転が停止する際、トレーリングエッジ周辺で発生する乱流

要因2 冬の低温によるブレード素材(グラスファイバー)の振動抑制能力の低下



日本気象協会 tenki.jp より

北海道遠別町

日	最低気温℃	平均風速m/s	最大風速m/s	最大瞬間風速m/s
1	-8.8	9.2	11.2	18.5
2	-5.6	8.5	10.8	17.2
3	-7.9	6.9	9.1	14.5
4	-10.4	4.1	6.7	11.4
5	-10.5	4.1	7.5	12
6	-3.2	4.4	7.9	12.6
7	-3.4	2.2	4.6	7.8
8	-0.6	3.2	5.1	7.6
--- 途中省略 ---				
23	-6.2	3.2	5.6	9.6
24	-8	7.3	10.4	17.4
25	-9.5	7	10.5	16.8
26	-12	5.3	9.7	14.8
27	-12.8	3.2	7.1	11.4
28	-15.7	3.5	5.8	7.2
29	-9.3	3.7	5.9	7.5
30	-1.9	7.2	12.4	17.7
31	-3.9	6	8.3	15.5
1月平均	-8.3	4.3		

気象庁HP より

長崎県松浦市

日	最低気温℃	平均風速m/s	最大風速m/s	最大瞬間風速m/s
1	0.1	2.1	3.3	6.4
2	5	2	4.1	6.7
3	5	2.3	4.5	8
4	3.5	2.8	5.1	9
5	3.9	2.3	4.6	8.6
6	4	1.2	3.9	9.6
7	12.2	1.2	3.9	9.6
--- 途中省略 ---				
20	7	3	5.3	9.4
21	4.3	2.5	5	8.7
22	4.6	1.3	4.3	9.9
23	12.5	2.1	5.7	12.3
24	12.1	3.5	6.7	11.4
25	8.4	2.6	5.4	9.7
26	8.2	2.8	6.6	11.8
27	7.8	5	9.1	17.7
28	10	4.1	6.5	11.9
29	6.5	1.7	5.6	11
30	5.7	2.4	6.7	12.7
31	4.3	1.6	5.5	9
1月平均	6.1	2.6		

対策1 共振を抑制する

インバーターのファームウェアを、ブレードの振動を制御するよう改修し、破損を生じさせる過度な振動を抑制する。

現在デンマークでファームウェア改修、実機テストを実施中。
海事協会・メーカー間で協議中。



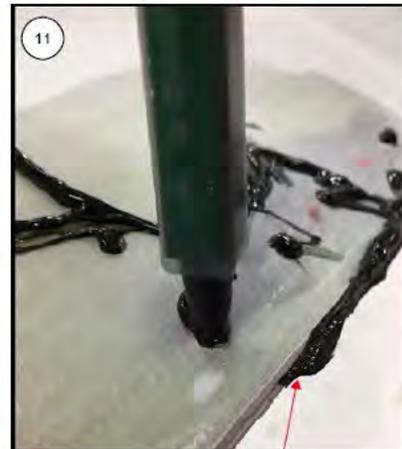
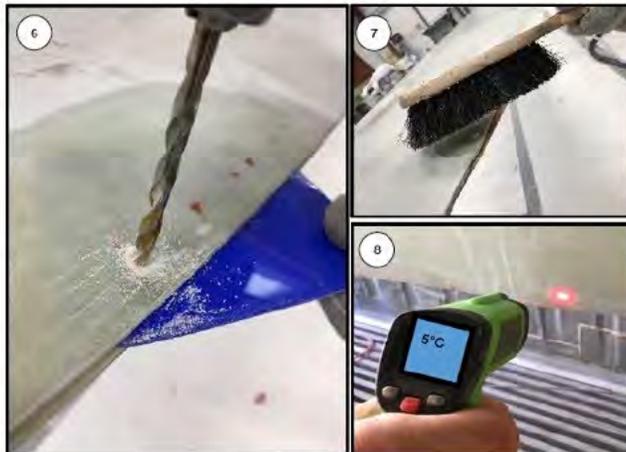
対策2 損傷ブレードを補修する

◆ メーカー指定の補修方法 (別紙1)

1. 塗装を剥がす
2. 穴を空ける
3. 穴から接着剤を注入
4. 乾燥
5. 塗装

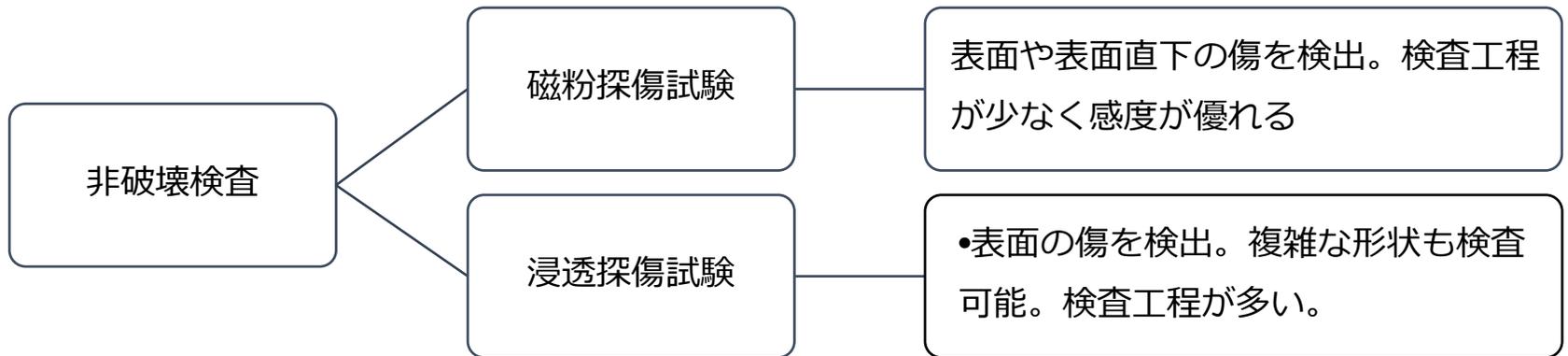


Trailing edge blade repair
トレイリングエッジ補修
文書番号 SB.06.01.21



対策3 点検方法を改善する

◆ブレード根幹部の亀裂 → 非破壊検査 (磁粉探傷試験または浸透探傷試験)



根幹部に亀裂が確認された場合はブレード交換

◆ 非破壊検査 --- 磁粉探傷試験

磁粉スプレーを吹きかけ、磁粉探傷器とブラックライト照射により、各ブレード根幹部全周(100mm範囲)に対し、傷の有無を確認



磁粉探傷器



ブラックライト



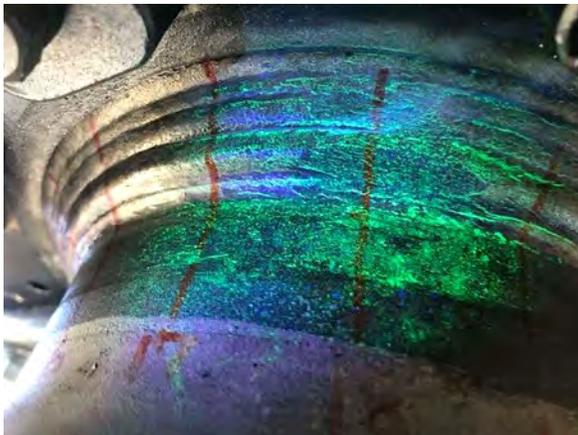
スプレー蛍光磁粉



横方向の傷を確認



縦方向の傷を確認



◆ 非破壊検査 --- 浸透探傷試験

表面に浸透性の高い液体を塗り、浸透液が亀裂に浸透した後で余分な液を除去し、残った浸透液により開口した傷の有無を確認



電気やすり/ベルトサンダー



カラーチェック液(3種)



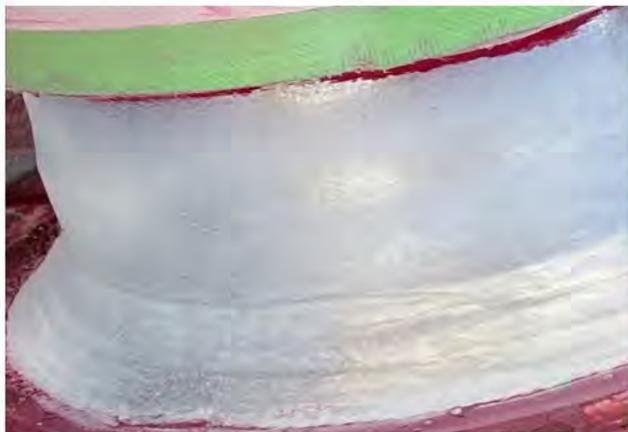
表面を研磨



浸透液を塗布

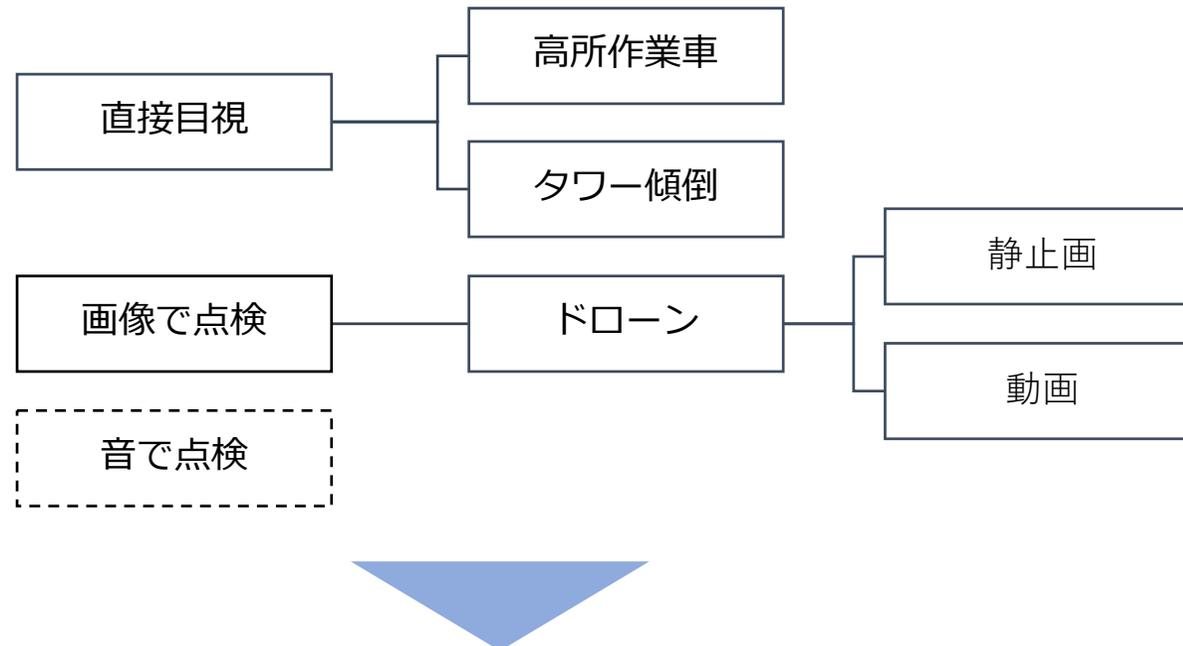


現像液を塗布



対策3 点検方法を改善する

◆ TE(トレーリングエッジ)の亀裂 → 目視点検



亀裂が確認された場合はメーカー指定の手順で補修

対策3 点検方法を改善する -- 直接目視

高所作業車



タワー傾倒



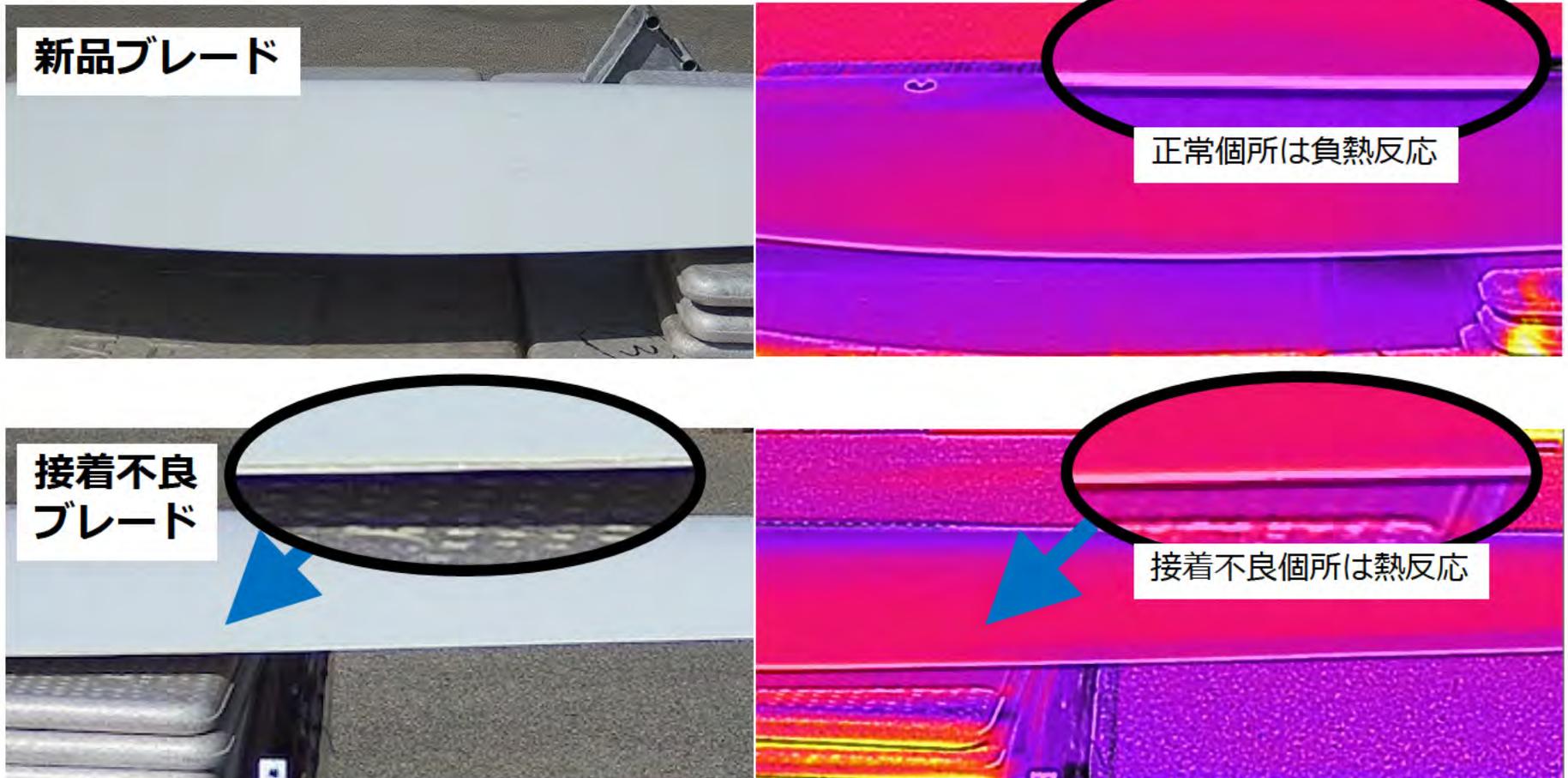
対策3 点検方法を改善する --ドローン画像で点検

画像での目視点検



対策3 点検方法を改善する --ドローン画像で点検

赤外線カメラにより撮影した画像で接着不良箇所を確認する。(検討中)



対策3 点検方法を改善する -- その他の改善点

- ◆ 点検頻度 点検頻度を高め早期発見、早期対応で亀裂の伸長を防止する
 - ・ 2～3ヶ月に1回
 - ・ 場所・季節・各基の経過により適宜頻度を調整

- ◆ 点検記録の保存 日付/点検項目/良否/所見を記録して経過の観察に活用

- ◆ 判定基準を設定 亀裂サイズなど基準を明確にして標準化を図る

7. 補修ブレードの強度

指定の補修方法により補修したブレードの強度に関するメーカー発行の資料 (別紙2)



Solid Wind Power A/S

Index 目次

- 1. PURPOSE 目的
- 2. REFERENCES 参考資料
- 3. TERMS AND DEFINITIONS 用語
- 4. VALID FOR 有効範囲
- 5. INTRODUCTION 序論.....
- 6. BLADE DAMAGES ブレードの損傷
- 6.1. OPEN TE トレーリングエッジの開口
- 6.2. LAMINATE DAMAGE ラミネートの損傷
- 7. BLADE FEA ブレードの有限要素法解析
- 7.1. TE BONDLINE TE接合ライン
- 8. FULL SCALE TESTS 実機試験
- 8.1. BLADE ブレード
- 8.2. EDGEWISE LOAD RANGE エッジ方向負荷範囲
- 8.3. POST INSPECTION 事後検査
- 8.4. MODAL ANALYSIS モーダル解析
- 9. CONCLUSION 結論
- APPENDIX A TEST BLADE PHOTOS 付属書A 試験ブレード画像
- APPENDIX B TEST SETUP 付属書B 試験条件
- APPENDIX C EXTRACT FROM W1.04.04.04.02 付属書C W1.04.04.04.02より抜粋 ...

SWP19.8-14TV20 Blade Trailing Edge Structural Integrity
ブレードトレーリングエッジの構造健全性について
文書番号 62199-0007

<強度に関するメーカー発行の資料より>

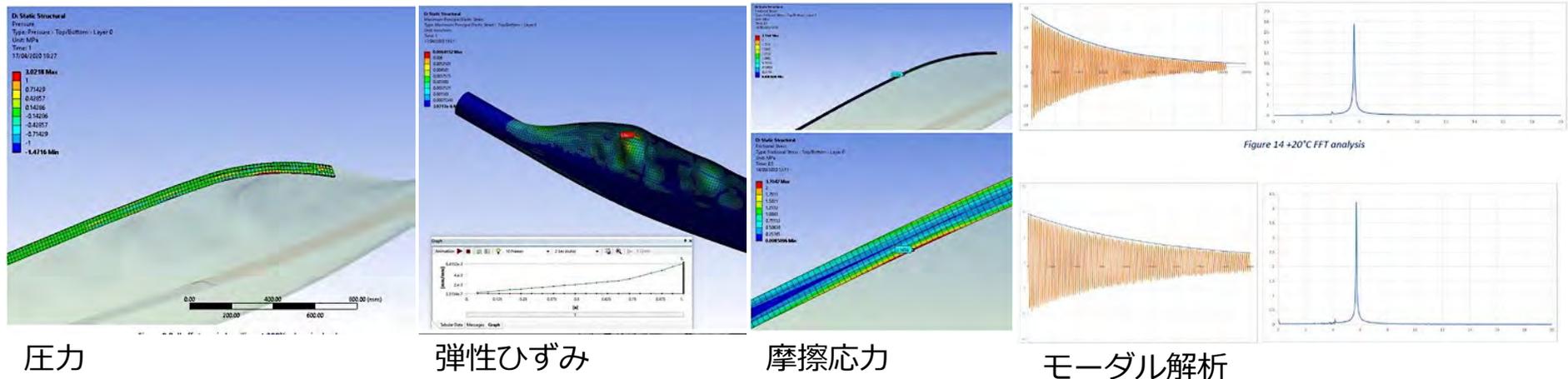
◆ 有限要素解析(FEA)

- ・ 物理学的な計算によるシミュレーション
- ・ エッジ方向荷重の200%までブレードに荷重をかけた

◆ モーダル解析

- ・ 加速度計をブレードに設置し、エッジ方向に加振し、+20°Cと-20°Cで試験

◆ 結論 → 補修したブレードは20年間の疲労設計荷重に耐え得る強度を持つ。

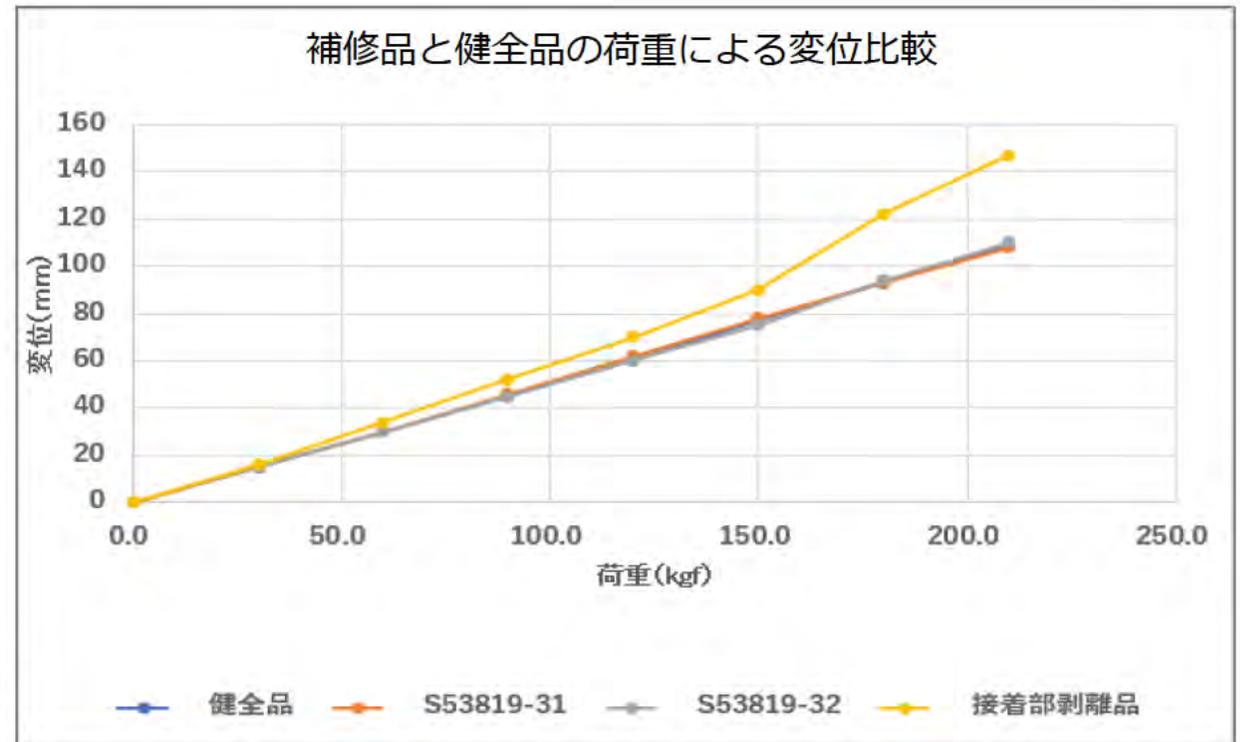


国内専門業者*による補修ブレードの強度に関する検証

考察

- ① 接着部の破壊の大部分が材料破壊の形態を示し、接着工程不良とは考えにくい。
- ② 接着部の凝集破壊は見当たらない。(バックアップフランジとして活用可)
- ③ メーカーが実施したFEM解析の結果と実剥離部が一致している。

*株式会社日本コンポジット工業(本社 京都府)
FRP製品、プラスチック製品、先進複合材料
製品の開発・設計・製造・販売



補修品と健全品(新品)について荷重による変位の比較試験を実施した結果、メーカー指定の方法で補修したブレードは健全品と同等の強度を有する。



小形風力発電機 SWP-19.8kW
ブレード破損と補修について

--- 終了 ---