

南大隅ウィンドファーム（根占発電所、佐多発電所）ナセルカバー損傷について（第 3 報）

2018 年 1 月 26 日

(株)ジェイウインドサービス

1. 事故状況の推定（2017 年 3 月 2 日報告再掲）

(1) ナセルカバー被害状況

表 1 台風 16 号によるナセルカバーの被害状況

	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号
根占	上脱	上損	上脱	上損	上損	上脱	地上置	上脱	上損	上脱
佐多	ラ脱	上脱	無	無	無	無	ラ脱	ラ脱	上脱	無

上脱：可動式上カバー脱落、ラ脱：ラジエターカバー脱落、上損：上カバー損傷、無：被害なし

(2) 事故当時の風速

ナセル風速計のデータから事故当時の風速は 40～45m/s（10 分平均）と推定される。（前回報告通り）

(3) 事故当時の風車の状況

台風通過中も、非常用電源により風車のヨー制御は動作する設計であったが、台風通過後の点検記録によると、根占 5 号は非常用発電機が停止していた。佐多 2 号、佐多 8 号は、非常用発電機は稼動していたが、風車側のエラーによりヨー制御が停止していた。

2. 事故原因の推定

解析モデルの作成



事故時の風況を再現



事故原因の推定

- ナセルを 3D 計測して CAD 図面化
- フレームは硬さ試験から構造用圧延鋼材の SN400 と特定
- FRP はサンプル試験で強度測定
- フレームと FRP の接着剥離状況を模擬

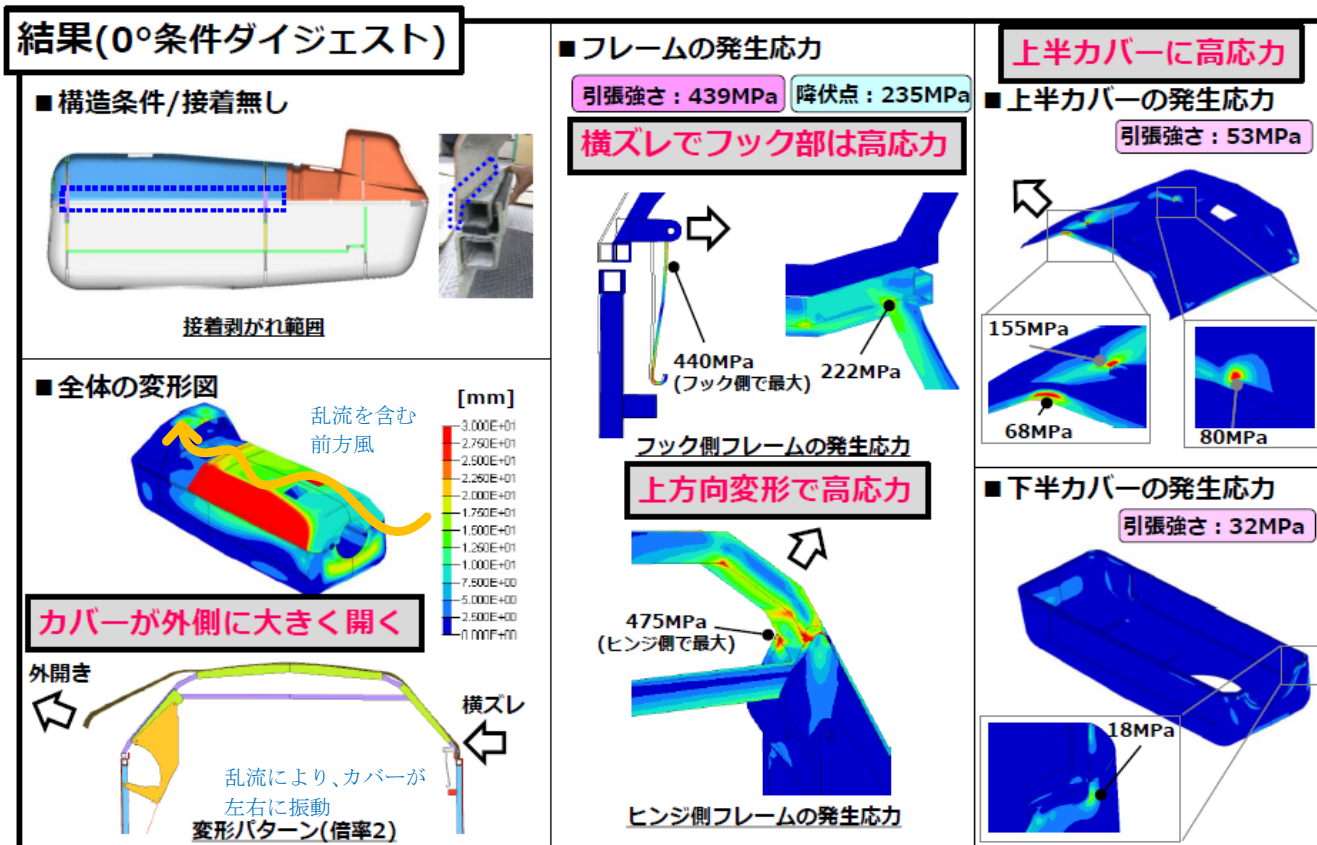
- 事故当時の風速（63m/s）をナセルに作用
- 風車ナセルが受ける風荷重を推定
- 風荷重の FRP、フレームへの分布を推定

- 上カバーのフレーム部の接着が剥離していると、前方風を受けた状態でも、乱流によりカバーに横方向の荷重が働き、カバーが大きく変形して、FRP やフレームに設計強度を上回る応力が作用する。
- ラジエターカバーは、コアマットを FRP で挟んだ構造になっていたが、端部が養生されておらず、剥離が生じた状態で強風を受け飛散した可能性が高い。

ヨー停止原因の推定

- 風車の電圧設定が 400V に対し、非常用発電機の電圧設定が 360V で、非常用発電機使用時にヨー制御が動作すると、電圧変動で風車側がエラーとなる場合がある。（佐多 2 号、8 号）
- 非常用発電機の冷却水温度スイッチが劣化し、不要動作した可能性がある。（根占 5 号）

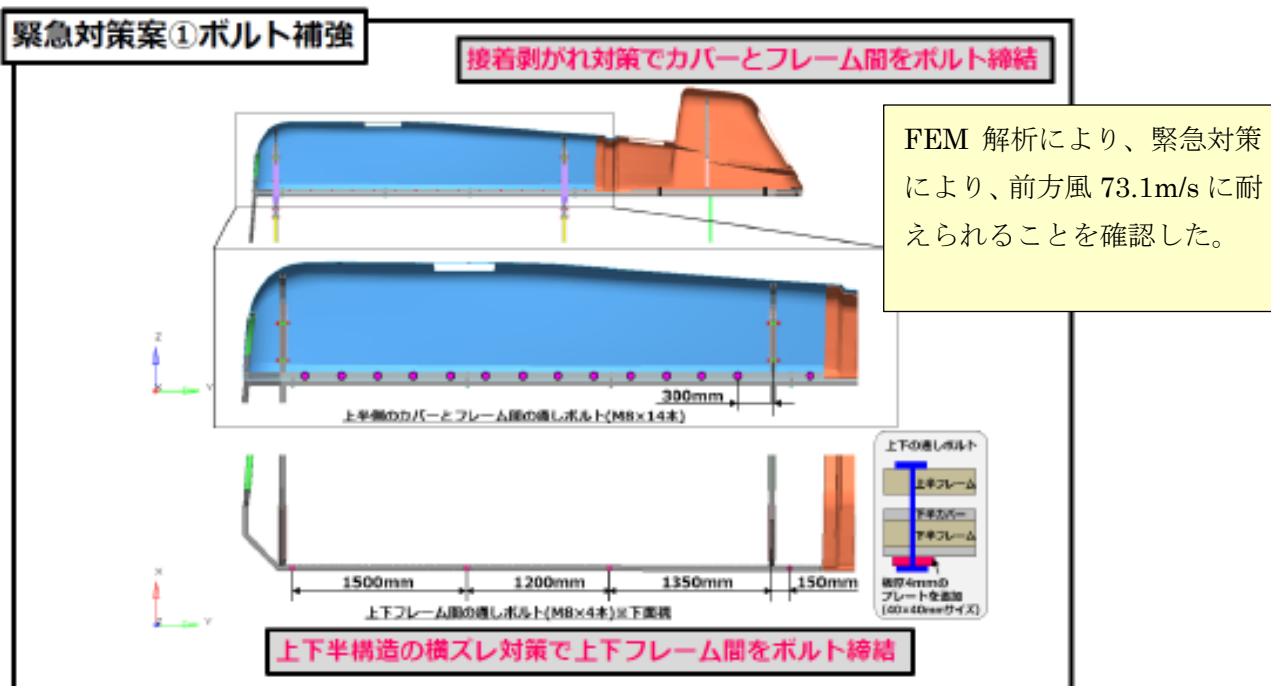
図 1 事故原因推定解析例



3. 緊急対策の実施

2017 年 7 月に、緊急的なナセルカバー強化策を実施している。上カバーの緊急対策を図 2 に示す。ラジエーターカバーの端部は、FRP にて養生をしている。下カバーの緊急対策は 4. 恒久対策の項参照。

図 2 緊急対策例



4. 恒久対策

(1) ナセルカバーの強度対策

再発防止策で考慮する風条件として、待機中（カットアウト後）の暴風（DLC6.1、風速 73.1m/s、風向 0°、±15°）ならびに、待機中の故障（DLC7.1、風速 58.5m/s、全風向）を設定し、これに耐えるよう補強策を検討した、最終的なナセルカバー強度対策を以下に示す。

表 2 ナセルカバー強化箇所一覧

対象部位		緊急対策（2017 年 7～8 月完了） （恒久対策でも流用する部分）	恒久対策（今後実施）
上半	フレーム	新規に製作することから流用箇所なし	④鋼材変更（□40x40x4mm→□40x40x4.5mm）
			⑤前面と中央の間にフレーム 1 本追加
			⑥既存フックの寸法アップ（幅 22→30mm、板厚 6→10mm）
			⑦緊急対策の上下ボルトの代用としてフック構造を追加（7 箇所）
			⑧上半ラジエーター側フレームのフック側に補強板追加
	カバー		⑨ヒンジの形状変更
			⑩FRP を新材料（7 層 5mm）に変更
			⑪フレーム回り FRP 巻込み構造＋ボルト固定
			⑫ラジエーターカバーの仕切り板の板厚アップ（5→6.5mm）
⑬ラジエーターカバーとフレームの隙間を樹脂で埋める			
下半	フレーム	①前面アーチ部補強板追加	同左
		②前面ダンパー取付部近傍に補強板追加	同左
		③中央ダンパー取付部近傍に補強板追加	同左
	カバー		⑭中央ダンパー付近に FRP シート貼付
			⑮フレーム巻込み部全域に、実機の FRP 板厚を反映

図 3 緊急対策概要図（緊急対策で実施し、恒久対策でも流用する部分）

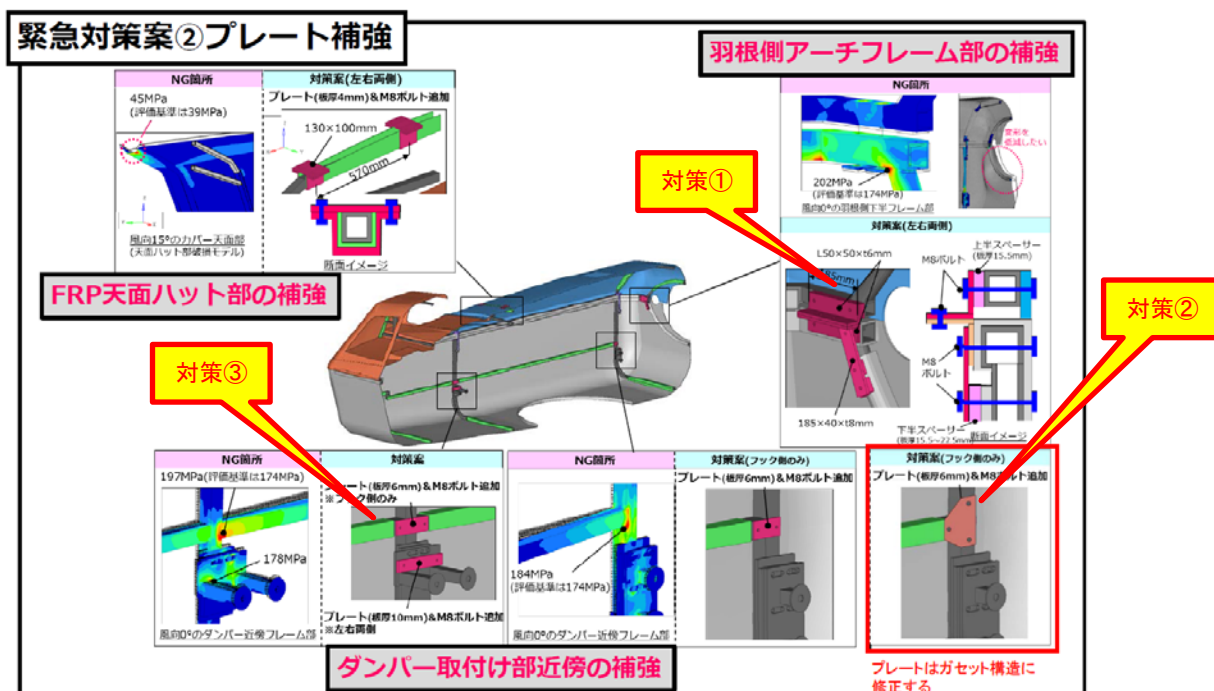
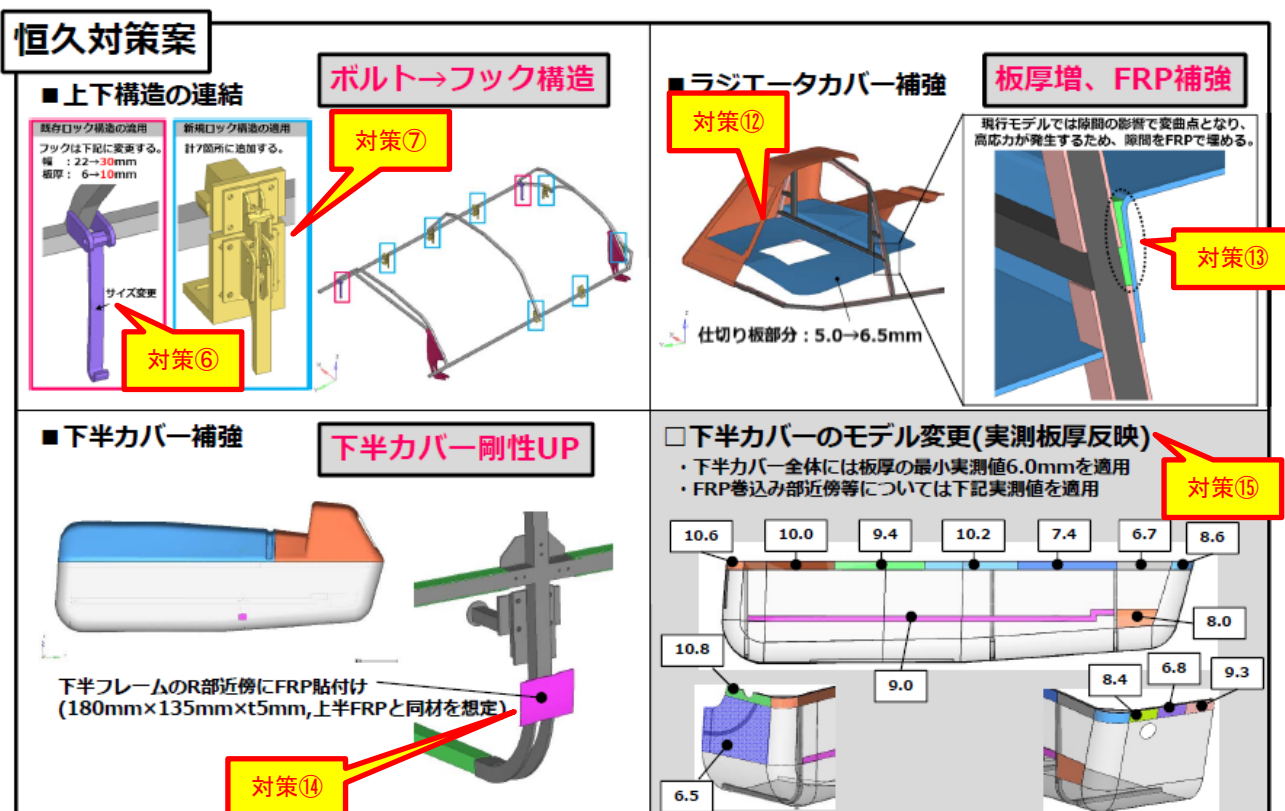
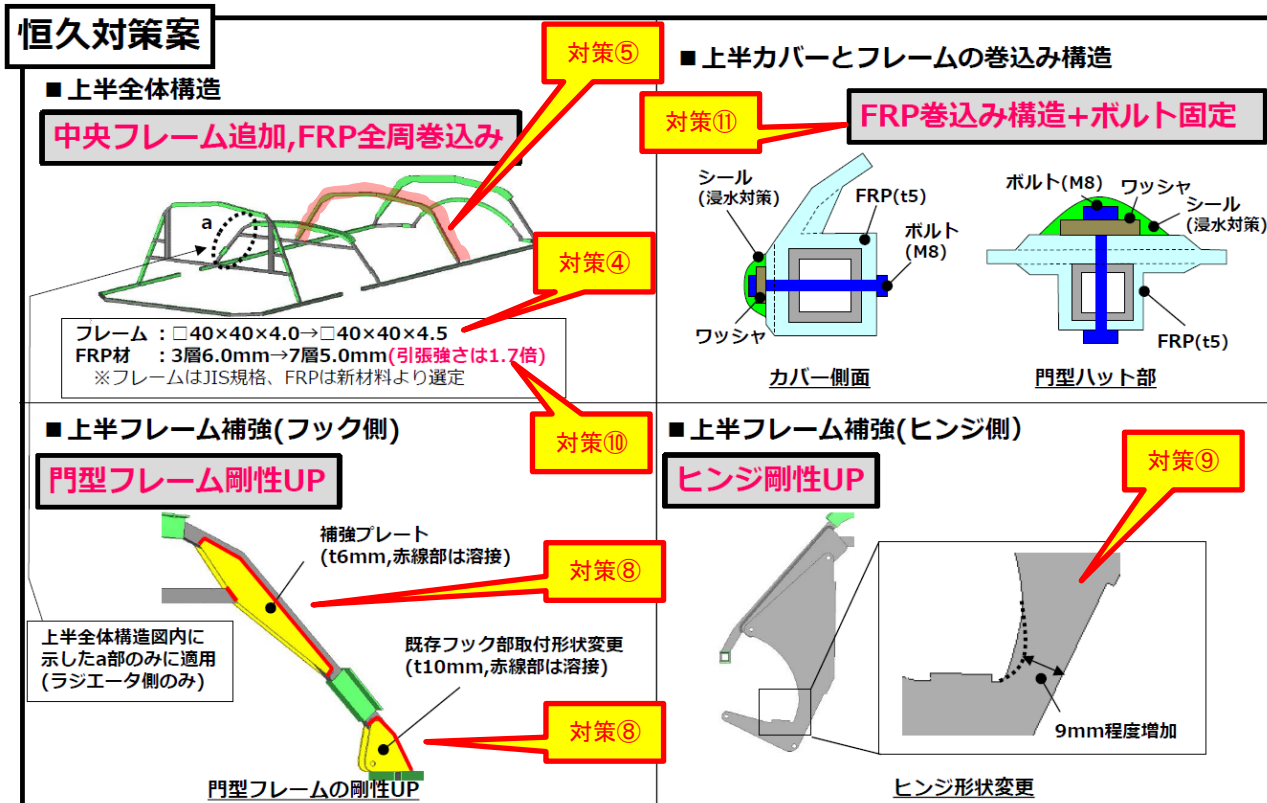


図 4 恒久対策概要図



(2)構造解析における安全率等の考え方

安全率の考え方、FRP 強度の考え方は、国際的に利用されている GL2010 を適用した。

表 3 安全率の考え方

■本評価で適用した安全係数

■本評価で適用した安全係数					荷重安全係数 (A)	材料安全係数							適用する 安全係数 (A×B)	
設計荷重	状況	適用風速		適用風向		部分安全係数		経年劣化	温度劣化	ハンドレイアップ	後硬化			材料安全係数 (B)
DLC6.1	休止時	73.1m/s	50年再現期待値	±15°	1.35	フレーム	1.10	-	-	-	-	→	1.10	1.485
						上半FRP (新設計)	1.35	1.09	1.10	1.20	1.10	→	2.14	2.890
						下半FRP	1.35	1.09	1.10	-	-	→	1.62	2.190
DLC7.1	休止時の故障	58.5m/s	1年再現期待値	全方位	1.10	フレーム	1.10	-	-	-	-	→	1.10	1.210
						上半FRP (新設計)	1.35	1.09	1.10	1.20	1.10	→	2.14	2.350
						下半FRP	評価しない							

FRP は、繊維の方向や製法上の理由（ハンドレイアップ）から強度にバラツキが出るため、3 方向（0°45°90°）で、3 サンプルによる圧縮と引張試験を実施した。各方向毎に 3 サンプルの（平均値・2.59x 標準偏差）を FRP の特性値とし、3 方向の特性値のうち最小のものを構造計算に適用した。フレームの強度は、硬さ試験から材質を建築構造用鋼材 SN400 と特定し、降伏点（F 値）を構造計算に適用した。

(3)構造解析結果

構造解析を行う風条件として、DLC6.1（風速 73.1m/s、風向 0°、±15°）ならびに DLC7.1（風速 58.5m/s、風向 ±90°、180°を代表ケースとして選定）を風車ナセルに作用させ、気流計算によりナセル各部に作用する風荷重を設定した。

次にナセルカバー各部の強度を(2)項により設定し、気流計算で求めた風荷重を作用させて FEM による構造解析を実施した。構造解析の結果全てのケースにおいて、新たに製作する上カバーが損傷しないことを確認した。また下カバーは今回台風（DLC7.1 相当）で損傷してないが、DLC6.1 についても確認し損傷しないことを確認した。

なお、今回の補強により上カバーの重量は約 60kg 程度増加し、風車・タワーの鉛直荷重が 0.04%程度増大するが、風車および支持物の構造計算上の影響はない。

(4) ヨーバックアップ信頼性向上策

ヨーバックアップの信頼性向上策として以下を実施する。

- 非常用発電機の電圧設定 360V→400V に変更
- ヨーモータ、ヨーブレーキの点検強化
- 非常用発電機の水溫スイッチの定期的な交換
- 非常用発電機の点検強化

(5)カバー製作、据付けスケジュール（案）

カバー製作、据付けスケジュールは、以下を想定している。

	2018 年												2019 年						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
構造強度 WG	★																		
上カバー製作																			
上カバー輸送			①②		③④		⑤⑥		⑦⑧		⑨⑩	⑪⑫		⑬⑭	⑮⑯		⑰⑱		
上カバー上架																			
2 基暫定対策※																			
運転再開			カバー飛散号機から順次新カバー上架、発電機、増速機等の復旧作業を実施、作業終了機から運転再開										★						

19 台運転再開見込み（最速）

※ 2 基のカバー取付けによる暫定対策

新規に製作するカバーの型どり用に入手した FRP 上カバー（2 基分）を用いて、緊急対策相当の仮設上カバーを製作し、カバー脱落風車のナセルに取付けて、新規カバー上架までの間、風車を暫定的に運転する。

以 上