資料4

新上五島ホエールズウィンドシステム 1号機2軸ブレードレセプタ脱落の原因と対策について

【事業者概要】

事業者名:九州風力発電株式会社

所在地:長崎県南松浦郡新上五島町有川郷 578 番地 24

発電所名:新上五島ホエールウインドシステム

運転開始:平成22年2月1日

風車設備:株式会社日本製鋼所製 J82-2.0 (8基)

発電機定格出力 2,000kW/基 16,000kW

発電機電圧 0.69kV/22Kv/変電所 66kV にて電力会社と連系

【お詫び】第5回WGでの報告にてライトニングケーブルに断線は無かったとの説明を致しましたが、その後も解析を継続した結果、完全ではありませんが断線していたとの判断に至りました。誤った結果説明を致しました事をお詫び申上げます。

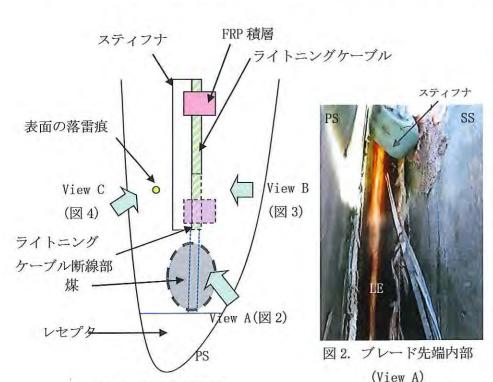
1. 事故状況

2014年7月10日、台風8号通過後、風車健全性確認のためのブレード外観点検により、停止中の1号機2軸でレセプタが脱落しているのを発見した。

2. ブレードの損傷状況とレセプタ脱落原因

図 1. 先端部概要図

ブレード内部を調査した結果、図 2 の様にライトニングケーブル断線部とレセプタの間が煤で黒くなっており、 この間のライトニングケーブル部分に着雷したと推定される。また、図 3、4 から断線部より根本側のライトニング ケーブルに落雷痕が見つからないことからも、着雷部は断線部より先端側であると推定される。



ライトニングケーブル(切断後) 開口部 スティフナ PS

図 3. スティフナ側面(View B) 落雷痕なし



図 4. スティフナ側面(View C) 落電痕なし

ブレード内部に残されていたライトニングケーブルの断線部を採取し断面を観察した結果、図 5 に示す 3 種類のパターンが観察された。断線部には引っ張りによる絞りがなく (図 7、8)、一部溶解している(図 6、8)。この観察結果から、ライトニングケーブルは落雷直前には導通があり、落雷と同時に溶解したと推定される。

A.溶解

:A部。溶解・再凝固の痕が見られる(図 6)。

B.曲げ疲労

: B部。破面は平坦で(引張による)絞りは確認できない(図7)。

C.曲げ疲労及び(雷撃の)熱影響

: C部。破面は平坦だが丸みを帯びており、曲げ疲労による断線後、

雷撃時の熱影響により溶解したものと推定される(図8)。









図 5. 断線部断面

図 6. A 部断面

図7. B部断面

図8. C部断面

上記の観察結果より、落雷時にライトニングケーブルは完全に断線しておらず、下記ステップにてレセプタが脱落したと推定される。

- (1)ライトニングケーブルが曲げ疲労により一部断線していたが導通あり。
- (2)雷はブレードの表面を貫通し、レセプタと断線部間のライトニングケーブルに着雷。
- (3) 雷電流によりライトニングケーブルが溶解し、同時に落雷のスパークによる空気の膨張で、ブレードのリーディングエッジ(前縁) とトレーディングエッジ(後縁)が開口。
- (4)ブレードの両エッジ開口によりレセプタの保持力が失われ、レセプタが脱落。
- 3. 新型レセプタ交換までの安全対策

新型レセプタ交換まで、下記の4つの安全対策を実施する。

- (1)直撃雷検出装置を設置し、雷撃時に風車の自動停止、及び再開時における外観点検の実施。
- (2)立入り侵入防止ゲートの位置を変更し、第三者の立ち入りを防止(実施済み)。
- (3)電力会社発令の「五島地区雷警戒運転発令」に従い風車の停止、及び再開時における外観点検の実施。
- (4)定期点検による直撃雷検出装置の点検及びライトニングケーブルの導通確認。及び週点検による、ブレード他風車全体の目視確認を実施(カメラによる撮影、解析)。
- 4. 新型レセプタ交換対策のスケジュール

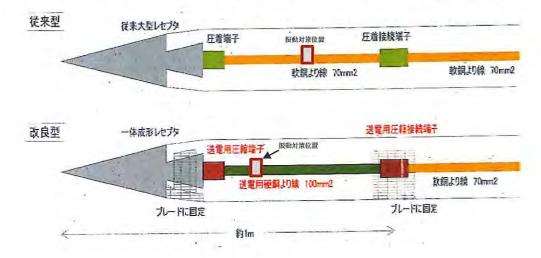
新型レセプタへの交換は9月から着手し、下記スケジュールで完了することをメーカと協議中。

		20	2014(平成26年)				2015(平成27年)												備考
		9	1 10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
ブレード	1	al I		II	TT	TT	11								- 11				10/末完了予定(施工中
	2	-	1	H	\Box	III	111		+	->		V						0	27年5月完了予定
	3	111		H	+				4	->									27年5月完了予定
	1	111	1	Ħ	H		111		4	->						3/4		0	27年5月完了予定
先端部分 —	5	11	111	4		1						14 (FIE		0	12/末完了予定
改修工事 -	6				11	H													10/末完了予定(施工中
	7	111	11	4	>	11	TT								Π			0	12/末完了予定
	0	+	+++	+++	1	+++	+	\Box	4-									0	27年5月完了予定

【ご参考資料】…(1)、(3)、(4) は第5回WG説明資料と同じ

(1) レセプタ脱落再発防止

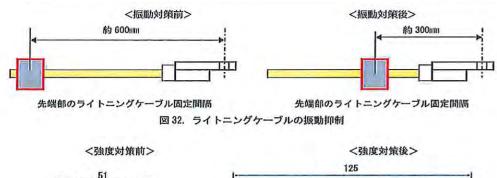
先端部に高強度ダウンコンタクタ(改良型レセプタ)を用いるが、万一 FRP の一体成形による固定力が失われても、ライトニングケーブルを架空送電線で使用している強固な電線(硬銅より線)に交換する事で、レセプタ脱落を防止できる。レセプタの支持力であるが、硬銅より線、圧縮端子およびブレード固定部の引っ張り強度はすべて 30KN であり、遠心力 (0.9~1.5KN)に対して十分な裕度を持つ。(着雷の場合は即停止、又は雷発生予報での停止は運用上の絶対条件)

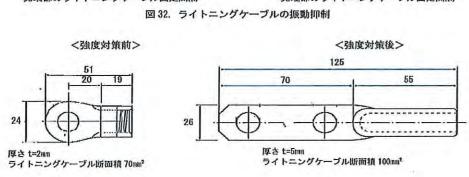


(2) 断線の再発防止対策

表 3 に示す対策 a)、b)、c) を実施する。端子部の損傷を防止するために、ケーブルの振動を抑制し、端子部に作用する曲げ荷重を低減する。電気的損傷の対策として、レセプタ接続端子断面積、及びレセプタ近傍のライトニングケーブル断面積を増やす。また、定期点検時に断線の有無を確認することを推奨する。この対策を施したブレードは、1 年間の運転後に内部点検した結果、損傷が無いことを確認している。

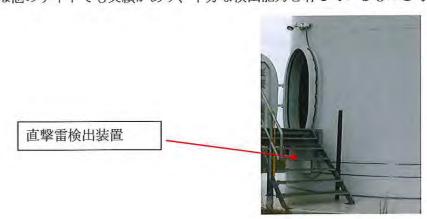
原因	表 3. 断線の再発防止対策 対策	補修後ブレード
ブレード振動起因のライトニン グケーブルの振動	ライトニングケーブルの振動抑制 固定間隔を 600[mm]から 300[mm]に短縮(図 4 参照)	適用
レセプタ接続端子の強度	レセプタ接続端子強度の向上(図5参照)	適用
雷電流による溶解	レセプタ接続端子断面積増加、レセプタ近傍のライトニ ングケーブル断面積増加(70[mm2]から 100[mm2] に変更)	適用





(3) 直擊雷検出装置

- ・直撃雷を受けた風車を停止させることで、ブレードにかかる遠心力を数秒以内に低減でき、すぐに点検することで、ブレードの損傷被害を最小化、安全対策実施の迅速化が可能。
- ・直撃雷を受けた風車を停止させ、外部点検実施後運転を再開することで、ブレードに損傷がある風車を運転するリスクを低減できる。
- ・風車への落雷回数を管理することで、適切なメンテナンス計画を立案・実施することができる。 今回、設置する直撃雷検出装置(写真)は、風車タワーに 0.5KA 以上の雷電流が流れた際の磁界を検出することで運転を自動停止が出来る方式となっている。運転再開は自動停止した風車の外観点検にて異常がない風車についてのみ実施。本装置は他のサイトでも実績があり、十分な検出能力を有しているものと考えます。



風車直擊雷検出装置

(4) 第三者の立ち入り防止対策

レセプタ脱落事故により立入り侵入ゲートの位置を変更しました。

(対策前検討) 立入り禁止区域を 240m 移動しサイト内敷地を拡大 (対策完了)

