

## 細谷風力ブレード破損事故について

ミツウロコグリーンエネルギー株式会社/ゼネラル・エレクトリック 平成28年2月24日

## ① 第6回ワーキンググループ(2015年7月30日開催)のご指摘事項

No.	ご指摘内容	回答	参考資料
1	国内ブレード事故事例及びLM社製ブレード納入実績	事故事例は2015年9月現在、GEで把握出来ている範囲で取り纏めております。	本紙②及び別紙1参照
2	LM社ブレード製造品質改善及び追加検査項目	LM社インド工場において2007年に製造品質の改善及び検査項目の追加を実施済みです。	別紙2、3参照
3	LM社品質検査マニュアル、判定基準		別紙4参照
4	接着剤の厚みの管理基準	WEB接合部における接着剤の厚みの管理基準は15mm以下です。厚みが15～25mmの部分は Overlamine (ガラス繊維層を貼付)を実施します。また Overlamine 不可、あるいは厚みが25mmを超える部分は、LM社設計担当部署の方で可否を判断しています。	-
5	交換ブレードの品質管理	各ブレード毎に品質記録書を提出しておりますが、特にブレード接合部の健全性については、ブレード出荷前に実施するUT検査によりその健全性を確認し、合格したブレードを納入します。 ケース1: 在庫ブレード 製造時にUT検査を実施していないブレードは、ブレード出荷前にUT検査を実施しUT検査記録を確認後、出荷します。 ケース2: 新規に製造するブレード(在庫ブレードが無い場合のみ) 製造時にUT検査を実施するので、UT検査記録を確認後出荷します。	-

## ② 細谷風力発電所向けブレード仕様 及び LM社製ブレード国内納入実績

型番: LM34. 0P  
 材質: GFRP  
 ブレード長: 34m  
 製造メーカー: LM Wind Power、製造工場はインド工場 (Hosekote)  
 製造年: 2006年 Serial No. 225、226、228  
 認証: GL Renewable Certification 1999

## LM社製34mブレード納入実績

GE風車向け、グローバル: 1、988枚  
 インド工場製ブレード(GE風車向け、グローバル): 475枚  
 国内GE1500kW機向けブレード: 156枚(デンマーク工場製)  
 231枚(インド工場製)  
 国内合計 387枚

GE1. 5s機種(34mブレード)の生産を2008年頃(工場により異なります)終了したことに伴い、LM社インド工場も2008年9月末をもちましてGE風車向け34mブレードの生産を終了しております。  
 上記ブレード1、988枚のうち、全損事故発生時にLM社が調査した範囲ではブレード製造品質不適合に起因するブレード全損事故は発生していません(2015年2月現在)。

また国内既納入LM社製ブレードの品質に問題が無いことを確認するため、下記ブレードを対象にブレード接合部のUT検査を実施しました。

国内A発電所	GE1. 5s 34mブレード(LM社・インド工場製)	計2台(ブレード6枚)
国内B発電所	GE1. 5sle37mブレード(LM社・中国工場製)	計5台(ブレード15枚)
国内C発電所	GE1. 5s 34mブレード(LM社・インド/デンマーク工場製)	計2台(ブレード6枚)

注: 今回GEで検査したブレードは、事業者様の同意が得られたものについて風車メーカーの責任で実施しており、また現場アクセスや運用等の事業者様側検査費用等の制約もあり上記27枚に限定した経緯があります。

上記UT検査結果より、ブレード計27枚の接合部について製造品質に起因する不適合(性能、強度に影響を与えるもの)は報告されていません。

## ③ 細谷風力発電所向けブレード事故原因

## 1) ミツウロコグリーンエネルギー(株)見解

過去の落雷等がきっかけではあるが桁とシェルの接着不良が主因と考えられる。

## 2) 風車メーカー(GE)見解

下記事実より、落雷等により発生したブレード先端部のクラック等に起因する事故と推測します。

また既に報告されている#228ブレード接合部の製造品質不適合は、ブレード接合部に発生したクラックの進展を早める要因のひとつと考えられます。

- ・ブレード先端部に落雷痕が確認されている
- ・雷電流カードの電流値がゼロであることからブレード内部で避雷導線が断線していた可能性がある(電流カードは正常)
- ・2011年ブレード先端部の修理を実施以降、メーカーによるブレード点検は実施していない
- ・破損ブレードの調査結果及び残りの健全ブレード2枚の点検結果より、ブレード性能、強度に大きく影響を与えるような接合部の製造品質不適合は確認されていない

## ④ 要因の分析、絞り込み

ブレード全損事故に至る要因を調査した結果、本事故の場合、下記要因は除外できることを確認した。

No.	考えられる要因	調査結果
1	耐雷仕様不足	耐雷仕様に関する対策は必要無い。 細谷風力発電所は風技解釈(省令第5条第3項・別図2)より、B線で囲まれた地域以外の地域に該当するので150C以上の電荷量が求められる、一方でブレード仕様は電荷量:300C(IEC LPS1)を確保している。
2	設計仕様を超える荷重、ブレード先端部のタワー接触(風況に起因)	該当無し。 発電所建設前に1年間の風況を観測し、風速、乱流強度等の風特性が当該風車の仕様であるIECクラスII Aの上限を超えていないことを確認済みである。 従って、風車運転中にブレード設計荷重を超えることはなく、またブレード先端部の曲りも設計範囲内に入るのでブレード先端部のタワー衝突は発生しない。
3	ブレード製造品質不適合(事業者見解)	製造品質全般に関する改善処置をLM社インド工場を含む全工場を対象に2007～2008年に実施済み(詳細別紙2参照)。  LM社インド工場では既にブレード製造を終了しているため適用外であるが、将来予備ブレード補充等の目的で別の工場においてブレードを製造する場合は、下記方法によりブレードの製造品質を管理する。 1) 新しい工場へ製造を委託する場合は、事前に弊社品質管理担当者による工場の品質管理体制と品質管理システムに関する調査・評価の実施 2) 工場認定後は、品質管理システム全体を対象に、弊社品質管理担当者による定期的な品質監査の実施 3) ブレード製造時、弊社品質管理担当者による検査立会の実施及び品質記録のレビュー

## ⑤ 再発防止策

以上のことから、本事故の再発防止策として必要な実施項目を以下に示す。

No.	考えられる要因	事故ブレード調査結果より判明した事実	対策	実施者
1	交換ブレードの製造品質不適合	WEB接合部における接着剤の幅が均一でなく、一部の接合部において接着剤の幅がブレード製造時の管理値を下回る箇所が報告されている(風車メーカー見解:ブレード強度を維持するために必要な接着幅は確保されているので強度上の問題は無い)。	ブレード出荷前の検査として、製造時にUT検査を実施していないブレードは、ブレード出荷前に全数を対象にUT検査を実施しUT検査記録を確認後出荷する。	風車メーカー
			ブレード受入時に交換ブレード全数を対象にUT検査を実施する(受入検査)。 また初回3年目にUT検査を実施、以降は必要に応じて実施する。 UT検査の実施がない年はローブアクセスによる目視検査を実施する。	事業者
2	落雷等に起因するブレードの強度低下及び耐雷性能低下	定期点検時、ブレード内部の検査を実施していなかった。	ブレード内部に関する目視点検作業を風車メーカー・メンテナンスマニュアルに従い実施する。	事業者
		定期点検時、ライティングカード解析、カード交換を実施していなかった。	ライティングカードは1年毎に取り換える。	事業者
		定期点検時、避雷導線(ブレード先端～タワーボトム)の健全性を確認していなかった。 またライティングカードに雷電流の記録が無いことから、避雷導線が導通不良を起こしていた可能性がある。	引下げ導体はブレードWebに埋め込まれており、途中で導体が断線する可能性は低い、摺動部や接続部で接触不良が起こる可能性がある。 そのため、アース線スリップリングは月1回の月次点検時に確認、引き下げ導体の抵抗測定は3年に1回実施する。	事業者

別紙:

- 1 GE1500kW機の国内におけるブレード全損事故
- 2 Non-Conformances observed at Hosoya blade#228
- 3 LM社インド工場における検査項目の比較 2007年以前 vs 2007年以降
- 4 LM社品質検査マニュアル、判定基準

別紙1 GE1500kW機の国内におけるブレード全損事故

事故発生年	2005	2008	2008	2009	2009	2010	2010	2011	2012	2014	2014
風車機種	GE1.5s	GE1.5sle	GE1.5sle	GE1.5sle	GE1.5sle	GE1.5s	GE1.5s	GE1.5s	GE1.5s	GE1.5s	GE1.5s
定格出力	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW	1500kW
ブレードロータ径	70.5m	77m	77m	77m	77m	70.5m	70.5m	70.5m	70.5m	70.5m	70.5m
ブレード製作工場	LM デンマーク工場	LM インド工場	LM インド工場	LM インド工場	LM インド工場	LM インド工場	LM デンマーク工場	LM デンマーク工場	LM デンマーク工場	LM インド工場	LM デンマーク工場
ブレード製造年	2002年	2006年	2006年	2007年	2006年	2007年	2006年	2004年	2006年	2006年	2006年
LM工場における接合部UT 検査実施の有無	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し	無し
風車単体試運転完了 または引渡し時期	2003年4月	2009年2月	2009年2月	2009年2月	2009年2月	2008年2月	2007年10月	2007年8月	2007年10月	2007年2月	2007年10月
発電所運転開始時期 (NEDO資料より)	2003年2月	2007年12月	2007年12月	2008年12月	2007年12月	2008年12月	2007年3月	2007年3月	2007年3月	2007年1月	2007年3月
ブレード破損状況	全損	全損	全損	全損	全損	接合部の一部クラック	全損	全損	全損	全損	全損
風車のサイト適合性	-	サイト風況が風車の仕様を超えていることを発電所計画時に、風車メーカーより事業者へ連絡済み	同左	ブレード事故発生後、風況データを評価した結果、サイト風況が風車仕様を超えていることが判明	サイト風況が風車の仕様を超えていることを発電所計画時に、風車メーカーより事業者へ連絡済み						
事故原因	落雷	タワー衝突 (風況に起因)  根拠: 1)タワー表面衝突痕 2)風速、乱流強度、吹上げ角、シア、風向の組合せによってはブレードタワー衝突の可能性がある(Flex5計算結果より)  Blade stiffnessについては、現地でブレード計11枚を計測し、設計通りのstiffnessが確保されていることを確認済み	落雷  根拠:風車監視カメラ映像より、ブレード事故発生直前に直撃雷を確認	タワー衝突 (風況に起因)  根拠: 1)タワー表面衝突痕 2)風速、乱流強度、吹上げ角、シア、風向の組合せによってはブレードタワー衝突の可能性がある(Flex5計算結果より)  組合せ例1: 風速:14m/s 乱流強度:35% 吹上角:15度 シア:-+0.1 風向:+20度~-17度  組合せ例2: 風速:7m/s 乱流強度:35% 吹上角:15度 シア:-0.3 風向:+26度	タワー衝突 (風況に起因)  根拠: 1)タワー表面衝突痕 2)風車監視カメラ映像よりタワー衝突確認 3)風速、乱流強度、吹上げ角、シア、風向の組合せによってはブレードタワー衝突の可能性がある(Flex5計算結果より)  Blade stiffnessについては、現地でブレード計11枚を計測し、設計通りのstiffnessが確保されていることを確認済み	落雷	落雷	落雷	落雷	調査中	落雷
対策	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	・ブレード交換 ・ブレード先端部の曲がり抑える制御方式を採用	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	・ブレード交換 ・ブレード先端部の曲がり抑える制御方式を採用	・ブレード交換 ・ブレード先端部の曲がり抑える制御方式を採用	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません	検討中	・ブレード交換 ・直撃雷時の停止等、運用上の対策はメーカーの方で把握できておりません
原因究明	事業者	事業者/風車メーカー	事業者/風車メーカー	事業者/風車メーカー	事業者/風車メーカー	事業者	事業者	事業者	事業者	事業者/風車メーカー	事業者