



図 2.1 同一メーカー風車の事故例 (2010 年 12 月 4 日)

Fig.2.1. Series catastrophic turbine blade incident of same manufacturer (Dec. 4 2010)

出典：朝日新聞 Web サイト 2010 年 12 月 4 日

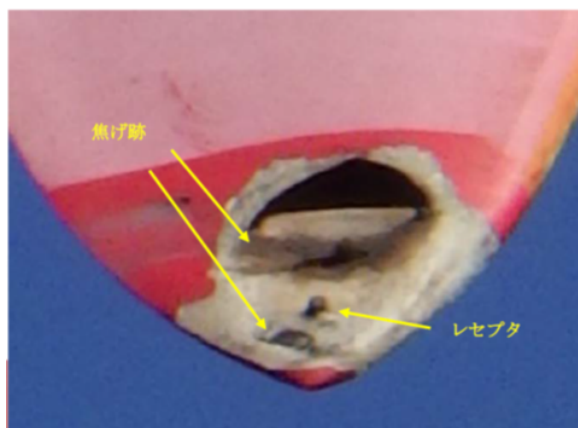


図 2.7 ブレード先端 FRP シェルの脱落

Fig.2.7. Drop off of blade tip FRP shell



図 2.8 ブレード表面金属片取り付け例 (Vestas 社)

Fig.2.8. Metallic lightning protection tape (Vestas)

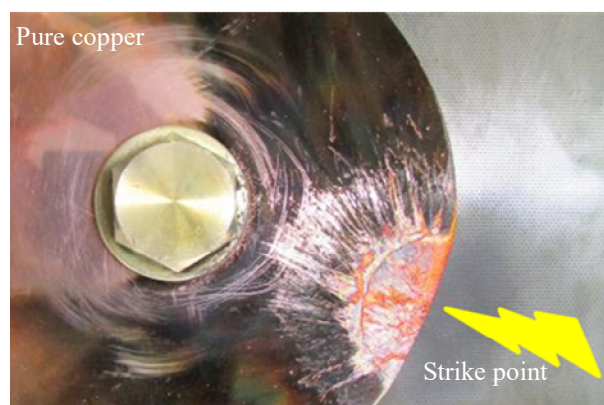
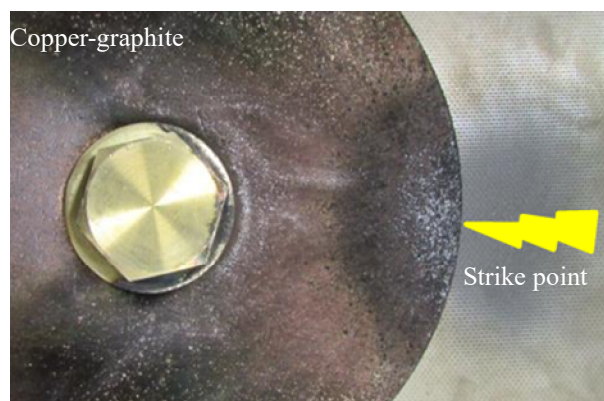
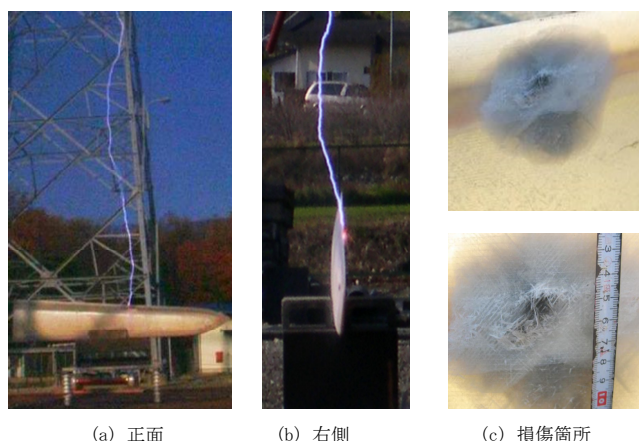


図 3.4 高い耐溶損性を示す高黒鉛複合素材製レセプタと純銅製の比較 (10/350 μ s-180kA)

Fig.3.4. Comparison of high melting resistant copper-graphite receptor and pure copper one under impulse test of 10/350 μ s-180kA.



(a) 正面

(b) 右側

(c) 損傷箇所

図 3.9 正極性雷インパルス印加時の後縁電線破壊 (放電 No. 1)

Fig.3.9. Discharge manner to the horizontally arranged blade sample - Trailing edge upside -

出典：電力中央研究所報告・研究報告 H06018：「雷撃による風車ブレードの破損様相とその保護手法の効果の基礎的検討」(2007)

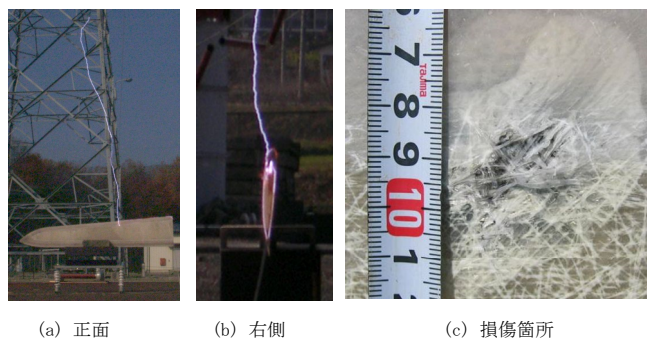


図 3.11 正極性雷インパルス印加時の前縁放電様相

Fig.3.11. Discharge manner to the horizontally arranged blade sample - Leading edge upside -

出典：電力中央研究所報告・研究報告 H06018：「雷撃による風車ブレードの破損様相とその保護手法の効果の基礎的検討」(2007)

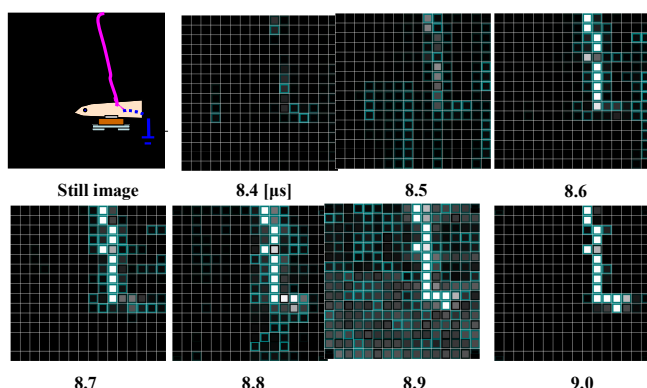


図 3.12 正極性雷インパルス印加時の放電進展様相 (ALPS による高速放電進展様相)

Fig.3.12. Discharge progressing manner to the horizontally arranged blade for positive lightning impulse voltage observed by the ALPS - Leading edge upside -

出典：電力中央研究所報告・研究報告 H06018：「雷撃による風車ブレードの破損様相とその保護手法の効果の基礎的検討」(2007)



図 5.14 雷撃を受ける風車の画像

Fig.5.14. An image of a wind turbine struck by lightning

出典：科学研究費助成事業研究成果報告書：「ウィンドファームにおける雷撃様相とそれが各風車の雷撃様相に与える影響」，基盤研究 (C) 一般課題番号 26420256 (2017)

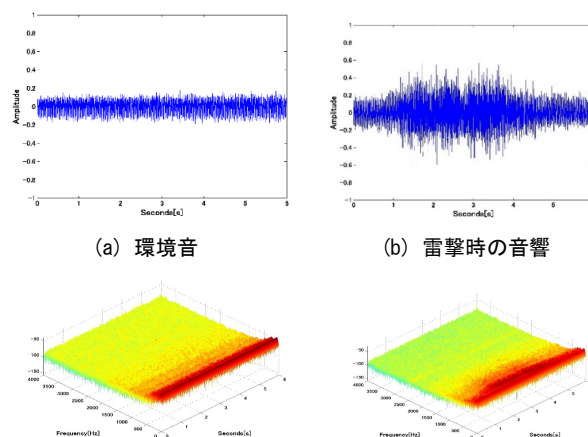


図 5.15 タワー内部の音響データおよびそのスペクトログラム

Fig.5.15. Acoustic data in a wind tower and its spectrogram.

出典：宮本，春木，山吹：「風力発電装置内部の音響観測に基づく被雷風車検出装置の開発—スペクトログラムのパラメータ検討—」，FTE-18-021，HV-18-068，高電圧研究会 (2018)

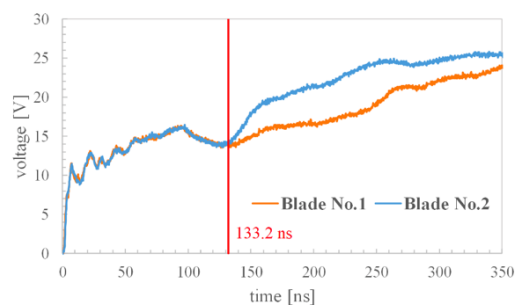


図 5.18 進行波による断線位置の特定例 (1MW 風車の例)

Fig.5.18 Detection result of a disconnection point of a downconductor using the propagation method (in the case of 1 MW wind turbine)

出典：NEDO 成果報告書 風力発電等技術研究開発/風力発電高度実用化研究開発/スマートメンテナンス技術研究開発 (雷検出装置等の性能・評価技術の開発)，
https://www.nedo.go.jp/library/seika/shosai_201808/2018000000588.html

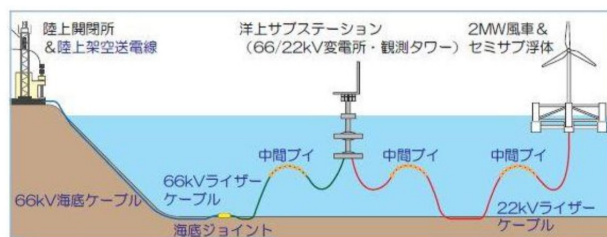


図 8.2 発電・変電設備と送電ケーブルの接続方法^(8.8)

Fig.8.2. Network structure of offshore wind farm

出典：神原，籠浦，織戸，藤井，木村，舘野：「Fukushima FORWARD Project における送電システムの開発 (その 2)」，古河電工時報，Vol.135，pp. 7-12 (2016)

風力発電設備の耐雷健全性維持と稼働率向上のための最新技術の動向

風力発電設備の耐雷健全性維持技術と法規制・規格調査専門委員会 編

目 次

1. はじめに	3	7. 最近の法規制・規格の改訂と	
2. 最近の雷被害とその対策方法	4	日本における認証評価	37
2.1 はじめに	4	7.1 はじめに	37
2.2 最近の雷被害の様相	4	7.2 風車雷保護に関する法規制・規格の変化	37
2.3 ブレード破壊モードの推定と対策	6	7.3 日本における認証評価	38
2.4 おわりに	7	7.4 おわりに	39
3. 最近の雷被害とその対策方法	8	8. 我が国の洋上風力発電において予想される	
3.1 はじめに	8	雷被害と検討すべき課題	40
3.2 レセプタの種類と耐雷性能との関係	8	8.1 はじめに	40
3.3 ダウンコンダクタへの絶縁電線（被覆線）		8.2 雷害対策上で考慮すべき	
利用と耐雷性能との関係	10	洋上風力発電の特徴	40
3.4 おわりに	14	8.3 洋上風力発電設備への落雷リスク	41
4. 数値解析を用いた接地設計	16	8.4 予想される雷に起因する問題および	
4.1 はじめに	16	その対策	42
4.2 風車の接地特性	16	8.5 おわりに	43
4.3 設計手順	17	9. 雷リスクマネジメントの考え方と	
4.4 設計事例	18	その評価・適用手法	44
4.5 おわりに	21	9.1 はじめに	44
5. 稼働率向上のための取り組み	23	9.2 リスクマネジメントの考え方	44
5.1 はじめに	23	9.3 雷リスクマネジメントの考え方	44
5.2 風車への雷撃様相とブレード被害との		9.4 リスクマネジメントと費用便益分析	45
関係説明	23	9.5 アセットマネジメントの考え方	46
5.3 落雷検出装置の諸特性とその検知性能	24	9.6 公衆安全と予防原則	46
5.4 最新の雷撃検知技術と将来の展望	28	9.7 雷害対策の費用便益分析	47
5.5 ブレード内ダウンコンダクタの断線検出	29	9.8 おわりに	48
5.6 おわりに	32	10. おわりに	49
6. 雷雲接近検知技術の現状	34		
6.1 はじめに	34		
6.2 LLS による手法	34		
6.3 電界による手法	35		
6.4 おわりに	35		