

本荘港風力発電所 ブレード折損事故に関する報告

平成31年1月21日
羽後風力発電株式会社

電気関係事故報告

2018年2月17日 事故速報

2018年3月15日 最終報告

1. 件名：本荘港風力発電所ブレード折損事故
2. 報告事業者 1) 事業者名：羽後風力発電株式会社 代表取締役 見上 伸 2) 住所：茨城県日立市幸町三丁目2番2号
3. 発生日時：平成30年2月17日午前8時34分頃（推定）
4. 事故発生の電気工作物（設置場所、使用電圧）： （1）事業所名 本荘港風力発電所 住所 秋田県由利本荘市石脇字田尻地先 （2）電気工作物 風力発電設備 使用電圧 6.6kV
5. 状況：添付資料を参照
6. 原因：自然現象（雷） 詳細は添付資料を参照
7. 被害状況 1) 死傷：有 <input checked="" type="radio"/> 無 内容： 2) 火災：有 <input checked="" type="radio"/> 無 内容： 3) 供給支障：有（供給支障電力，供給支障時間） <input checked="" type="radio"/> 無 内容： 4) その他（上記以外の他に及ぼした障害） 内容：風車ブレード折損時に落下物(ブレード部品等)が構外(風車から100m以内)へ飛散。 ただし、部品の落下による人的・物的被害なし。
8. 復旧日時：未定
9. 防止対策：添付資料を参照
10. 主任技術者の氏名及び所属（保安管理業務外部委託承認がある場合は、委託先情報） 大友 隆和（選任 第3種電気主任技術者 第22-2507号） 羽後風力発電株式会社
11. 電気工作物の設置者の確認： <input checked="" type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 無

目次

1. 事故の状況

- 1. 1 概要
- 1. 2 事故発生までの風車運転と落雷の状況
- 1. 3 事故発生後の処置および被害状況

2. 事故原因の推定

- 2. 1 ブレードの損傷状況の調査
- 2. 2 事故発生までの流れと事故の主要因の推定

3. 対策および復旧

添付資料

当該機的设计耐雷規格 (IEC規格 保護レベル)
フランクリン・ジャパン 落雷解析データ

1. 事故の状況

1. 1 概要

(1) 発電所概要

発電所名	本荘港風力発電所
発電所所在地	秋田県由利本荘市石脇字田尻地先
設置者名	羽後風力発電株式会社 (茨城県日立市幸町三丁目2番2号)
運転開始日	2013年12月
風車型式	E82-E2
製造メーカー	ENERCON社 (ドイツ)
定格出力	1,990kW
ハブ高	78m
ロータ直径	82m
風車耐雷規格	IEC/保護レベルI *添付資料参照
風車耐風速規格	IEC/クラスII
雷電流検出装置運用開始	2014年12月

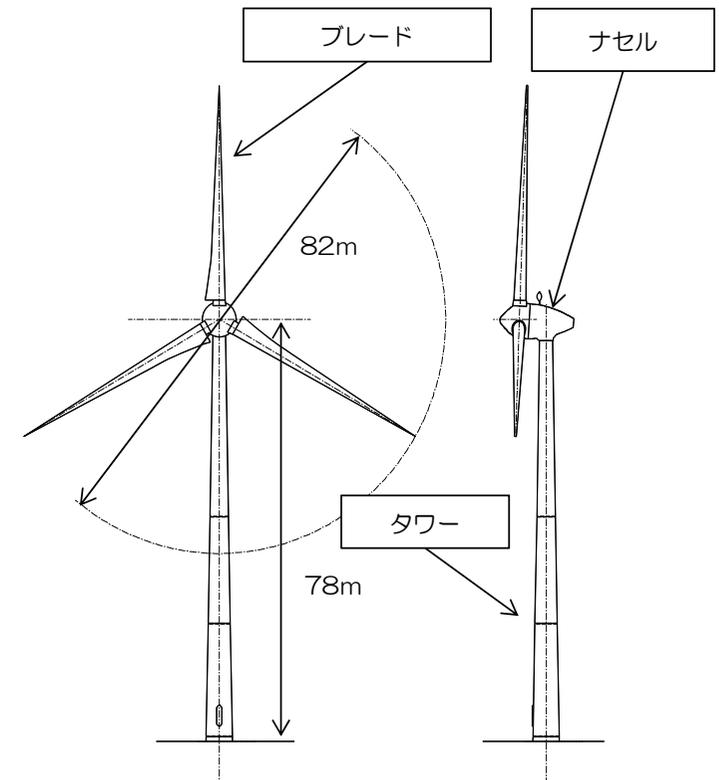
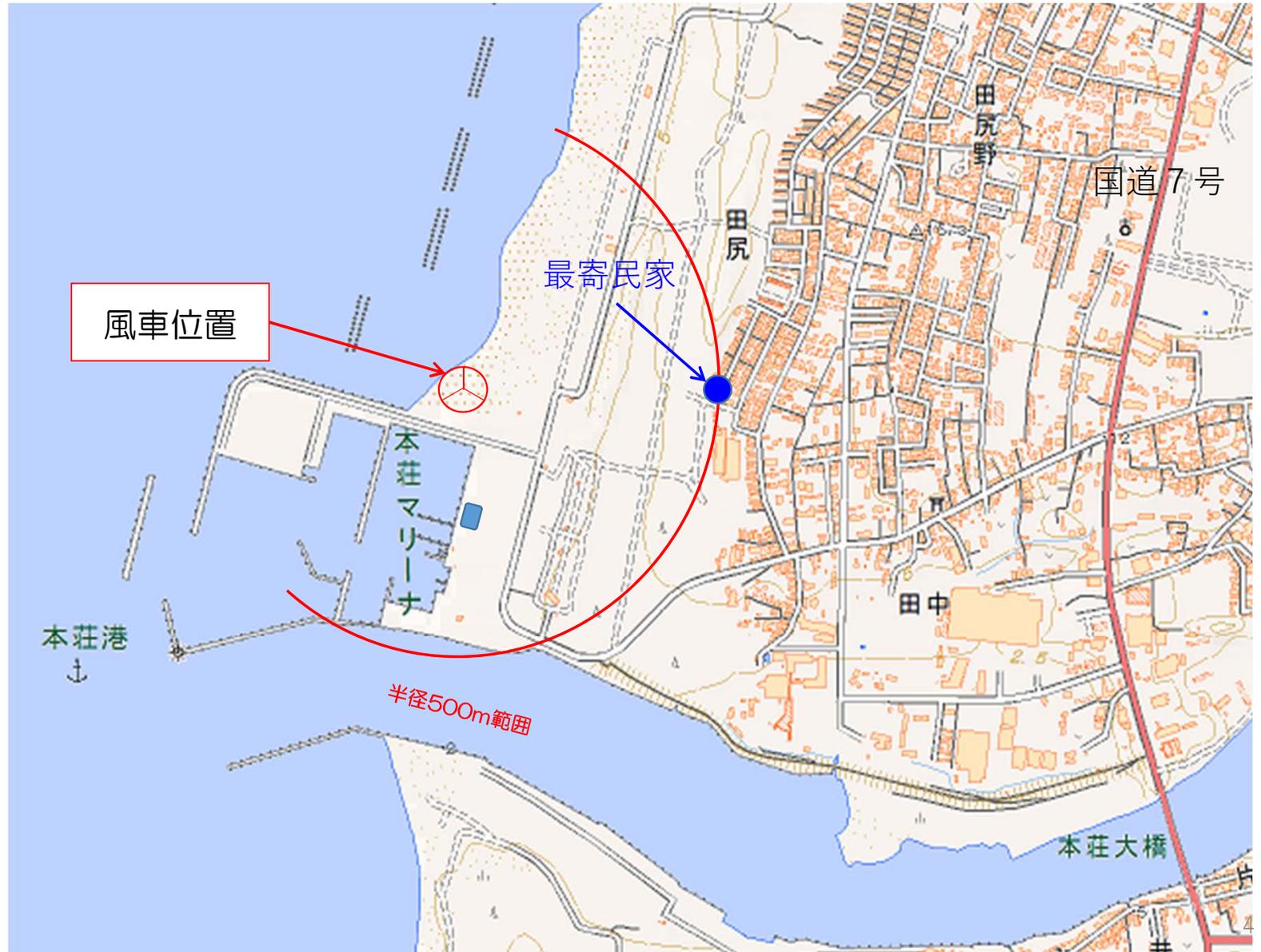


図1 風車外形図

1. 1 概要

(2) 発電所位置



1. 1 概要

(3) 事故の概要

事故内容	ブレード3枚のうち1枚（ブレードB）が折損（周辺への落下あり）
事故発生日時	2018年2月17日（土）08時34分（推定）
発見日時	2018年2月17日（土）09時15分頃
事故に伴う人的被害	なし
事故に伴う物的被害	なし
事故発生時の落雷	なし（雷電流検出装置ログおよび外部機関調査結果※による）
事故発生時の風速	平均12 m/s（設計耐風速以下（風車のSCADAデータによる））

※フランクリン・ジャパン落雷発生日調査結果

写真1 事故状況（ブレード折損）



1. 1 概要

(4) 経緯

当 社：羽後風力発電(株)
風車納入会社：(株)日立パワーソリューションズ

2月14日(水)

19時46分

風車の雷電流計測装置が落雷(電荷量328C)を検出し、風車が自動停止した。

2月15日(木)

09時00分

電気主任技術者が現場で地上から目視点検を実施。ブレードに黒い汚れを視認したが、汚れのみであり、損傷があるとの考えに至らなかった。

09時13分

電気主任技術者が手動復帰操作を行い、風車を運転再開した。

2月17日(土)

08時34分

風車「ブレードBピッチ角度異常」を検出して自動停止した。

09時15分頃

近隣を通行した風車納入会社の社員が、ブレード3枚のうち1枚が折損していることを発見し、当社へ連絡が入った。

09時30分頃

警察から電気主任技術者へ同上内容の電話連絡が入った。

当社から電気主任技術者へ同上内容の電話連絡を実施。

09時32分頃

風車納入会社からの遠隔操作により手動停止措置を実施。

10時00分頃

電気主任技術者が現場に到着し、現場でブレード折損を確認した。

10時20分頃

由利本荘市・地元警察の要請により周辺道路を通行止めとし、関係者以外立ち入り禁止処置をした。(バリケード設置、警備員配置)

17時00分頃

当社から関東東北産業保安監督部東北支部電力安全課に電気事故速報を報告した。

1. 2 事故発生までの風車運転と落雷の状況

本荘港風力発電所（風車型式E82-E2×1基）のブレード折損事故発生までの風車運転状況と落雷検出状況を図2に示す。当該風力発電所は、SCADAによる風車運転データの記録及び、ロゴウスキーコイルを用いた雷電流計測装置による落雷の検出記録を行っており、それらの記録により以下の運転・落雷状況の確認及び、事故発生時刻の推定を行った。また、落雷検出記録についてはフランクリン・ジャパン落雷発生日調査結果（添付資料参照）と整合することを確認した。

- ①2月14日に計5回の落雷を検出しており、最後の落雷（19時46分）の電荷量が328Cだったため風車が自動停止した（300C以上で自動停止する保護システム）。自動停止した際の風車は定格出力運転中であった。
- ②2月15日09時13分に手動復帰操作（電気主任技術者）を行い、風車を運転再開した。その後、③に至るまで、エラー発報及び落雷検出記録は無く、継続運転をしていた。また、風車出力と風速のパワーカーブにおいても落雷検出前と差異は無く、異常な兆候は見られなかった。図3および図4参照。
- ③2月17日08時34分に「ブレードBピッチ角度異常」を検出し、風車が自動停止した。自動停止した際の風車は定格出力運転中（1,990kW、平均風速12m/s）であり、ナセルは北西を向いていた。（直前まで定格出力運転を継続しており、かつ停止時に「風車振動」を伴ったことから、「ブレードBピッチ角度異常」を検出した2月17日08時34分にブレードが折損したと推定する。）
- ④2月17日08時55分から09時22分にかけて、風車が自動復帰失敗によるエラー発報を繰り返していたため、当社から風車納入会社に自動復帰動作を止めるよう指示。あわせて、電気主任技術者への連絡及び現場確認を指示。これを受け、風車納入会社は09時32分本社（茨城）より遠隔操作で手動停止措置を行った。

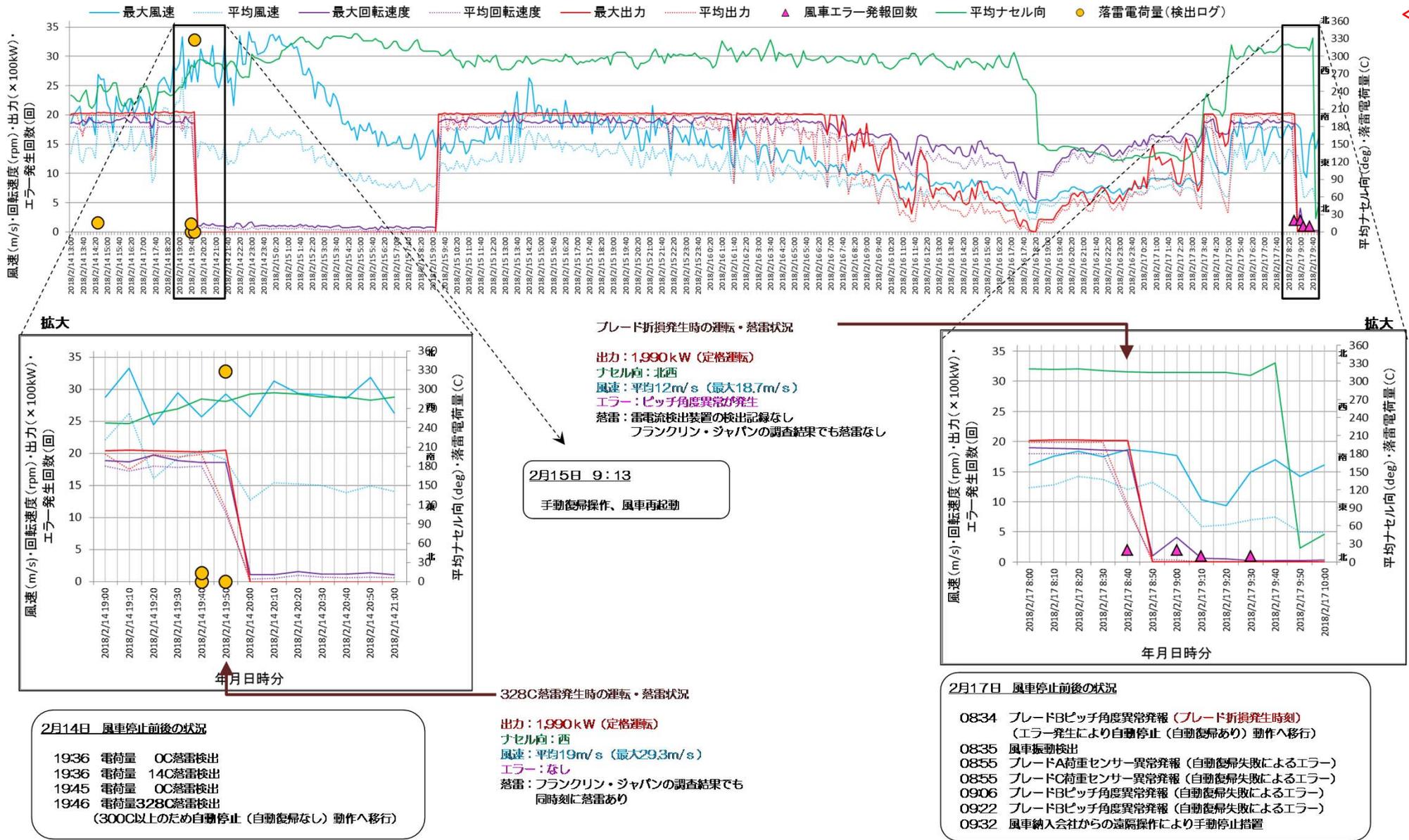


図2 本荘港風力発電所 風車運転と落雷検出の状況

風車運転データではブレード折損
まで警報、エラーなし。

年月日時分	平均風速 (m/s)	平均回転速度 (rpm)	平均出力 (kW)	平均ナセル向 (°)	ABCブレード平均角度 (°)	ステータス	サブステータス	メンテナンス	エラーメッセージ	風速 (m/s)	ステータスメッセージ	サブステータスメッセージ	補正後平均ナセル向 (°)	平均ナセル向 (16万位)
2018/2/14 18:00	20.1	17.99	1990	-121	23.83								239	WSW
2018/2/14 18:10	21.3	17.98	1990	-119	23.81								241	WSW
2018/2/14 18:20	21	18	1990	-124	23.82								236	SW
2018/2/14 18:30	19.2	18	1989	-127	21.7								233	SW
				-125	23.37								235	SW
				-119	25.07								241	WSW
				-112	25.01								248	WSW
				-113	30.47								247	WSW
				98	17.25								262	W
				90	22.27								270	W
				75	22.87								285	WNW
2018/2/14 19:50	19	10.68	1133	-79	52.86	1	1	FALSE	FALSE	23.7	Turbine stopped	Control cabinet	281	W
2018/2/14 20:00	12.7	0.48	0	-67	91.96								293	WNW
2018/2/14 20:10	15.4	0.56	0	-65	91.96								295	WNW
2018/2/14 20:20	15.2	0.98	0	-67	91.94								293	WNW
2018/2/14 20:30	15.1	0.74	0	-72	91.88								288	WNW
2018/2/14 20:40	13.9	0.64	0	-72	91.9								288	WNW
2018/2/14 20:50	15	0.77	0	-77	91.95								283	WNW
2018/2/14 21:00	14.1	0.65	0	-72	91.94								288	WNW
2018/2/15 8:00	9.1	0.24	0	-35	91.92								325	NW
2018/2/15 8:10	8.2	0.37	0	-32	91.92								328	NNW
2018/2/15 8:20	6.9	0.25	0	-47	91.92								313	NW
2018/2/15 8:30	7.2	0.12	0	-51	91.92								309	NW
2018/2/15 8:40	7.7	0.2	0	-51	91.92								309	NW
2018/2/15 8:50	8.2	0.27	0	-51	91.92								309	NW
2018/2/15 9:00	7.6	0.29	0	-51	91.92								309	NW
2018/2/15 9:10	8	0.3	0	-51	91.92								309	NW
2018/2/15 9:20	9.6	6.23	541	-52	58.16								308	NW
2018/2/15 9:30	11.9	18.01	1988	-59	9.36								301	WNW
2018/2/15 9:40	11.7	17.97	1982	-57	8.56								303	WNW
2018/2/15 9:50	10.4	17.33	1733	-53	6.04								307	NW
2018/2/15 10:00	11.1	17.86	1977	-48	5.17								312	NW
2018/2/15 10:10	10.7	17.39	1822	-61	6.68								299	WNW
2018/2/15 10:20	12.3	17.95	1977	-66	11.51								294	WNW
2018/2/15 10:30	11	17.4	1776	-67	6.82								293	WNW
2018/2/15 10:40	11.6	18	1990	-80	8.88								280	W
2018/2/15 10:50	10.5	17.42	1787	-69	5.45								291	WNW
2018/2/15 11:00	11.5	17.96	1984	-68	8.48								292	WNW
2018/2/17 7:00	10.4	17.4	1863	-55	2.85								305	NW
2018/2/17 7:10	11.4	17.81	1912	-53	8.08								307	NW
2018/2/17 7:20	12.8	17.94	1983	-52	12.14								308	NW
2018/2/17 7:30	13.7	17.99	1990	-53	14.42								307	NW
2018/2/17 7:40	12.9	17.98	1990	-51	12.58								309	NW
2018/2/17 7:50	11.6	17.75	1907	-45	7.39								315	NW
2018/2/17 8:00	12.3	17.96	1985	-39	9.6								321	NW
2018/2/17 8:10	12.8	17.99	1990	-40	13.08								320	NW
2018/2/17 8:20	14.2	17.99	1990	-39	14.55								321	NW
2018/2/17 8:30	13.7	17.99	1990	-42	14.6								318	NW
2018/2/17 8:40	12	8.81	945	-44	47.54	42	207	FALSE	FALSE	13.1	Pitch control error	Angle error blade B	316	NW
2018/2/17 8:50	13.2	0.46	0	-45	69.94								315	NW
2018/2/17 9:00	10.6	0.29	0	-45	72.62	49	105	FALSE	FALSE	10	Fault blade load control	Error load sensor blade A	315	NW
2018/2/17 9:10	5.9	0.06	0	-45	73.63	42	207	FALSE	FALSE	4.3	Pitch control error	Angle error blade B	315	NW
2018/2/17 9:20	6.2	0.03	0	-45	69.96								315	NW
2018/2/17 9:30	7	0	0	-50	73.55	42	207	FALSE	FALSE	6.3	Pitch control error	Angle error blade B	310	NW
2018/2/17 9:40	7.5	0.02	0	-29	86.35	1	3	FALSE	FALSE	9.5	Turbine stopped	SCADA (ENERCON)	331	NNW
2018/2/17 9:50	5	0.01	0	23	91.96								23	NNE
2018/2/17 10:00	4.9	0	0	46	91.96								46	NE

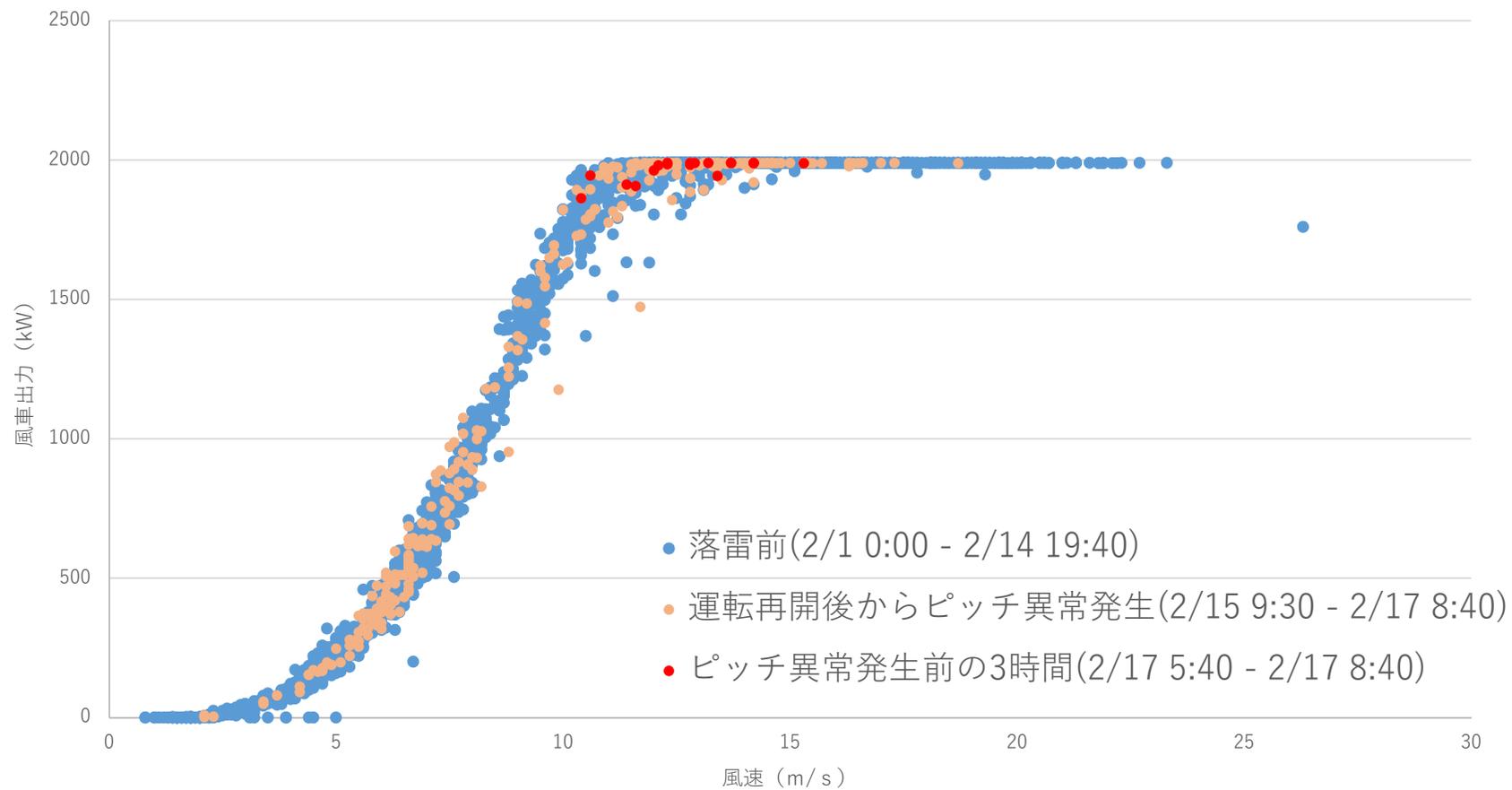
19:46 落雷(328C)検出し風車
自動停止

09:00 地上から目視点検
09:13 風車再起動

2/14 19:46 落雷による風車自動停止以降
2/17 08:34 ブレード B^レ ッチ角度異常による
風車自動停止の期間にエラー発報なし

08:34 ブレード B^レ ッチ角度異常検出し
風車自動停止

図3 2月14日18:00~2月17日 10:00 SCADAによる風車運転データ記録抜粋



落雷(328C)による風車停止前および風車運転再開後の風車出力と風速のパワーカーブに差異は見られず、異常兆候は確認されなかった。

図4 本荘港風力発電所 風車出力／風速の状況

1. 3 事故発生後の処置および被害状況

(1) 立ち入り禁止処置 (図5)

事故発生直後、公衆の風車への近接防止のため、風車設置砂浜の入口2箇所にバリケード設置および警備員配置による立ち入り禁止処置をした。

立ち入り禁止実施期間： 2/17 10:20 ~ 3/17 08:00



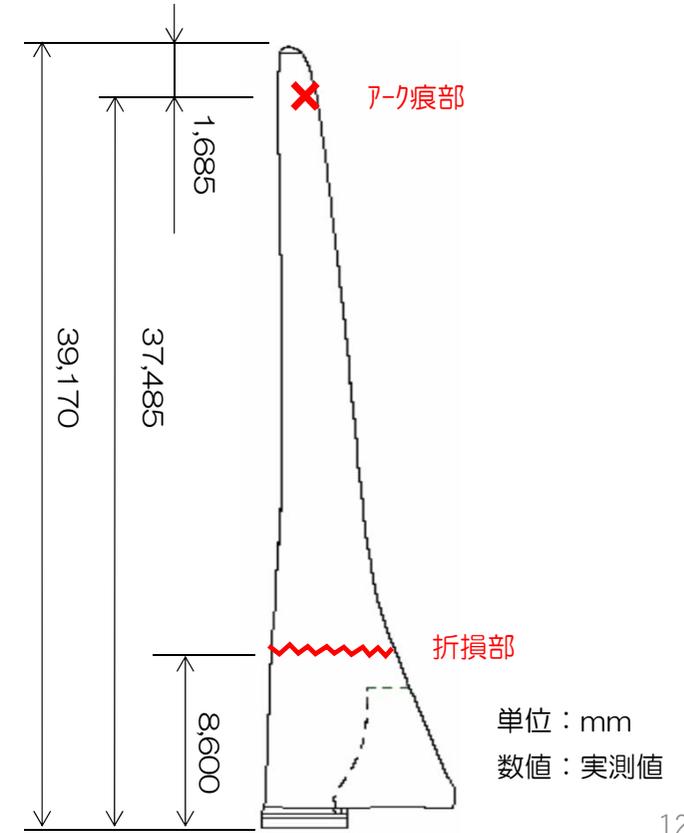
1. 3 事故発生後の処置および被害状況

(2) ブレードの折損・損傷状況

ブレードは根本から全長の1/5（約8.6m）を残して折損し、内部の骨材が落下していた。ブレード表面のグラスファイバー材はほぼ全長が残存していた。



写真2 風車損傷状況



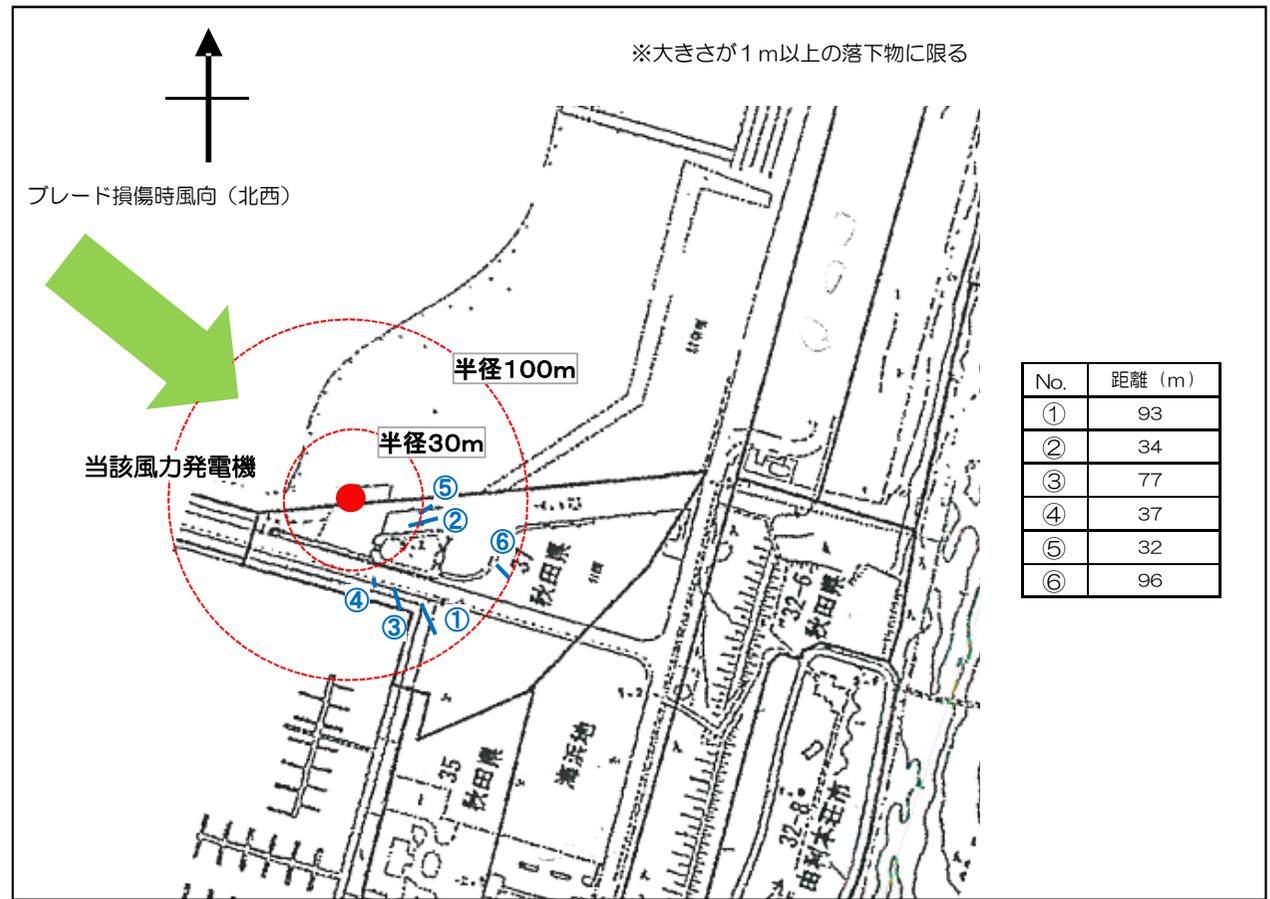
1. 3 事故発生後の処置および被害状況

(3) 落下物による被害状況

ブレード折損事故により風車周辺に部品の落下があった。落下物の分布状況を図6に、落下物の写真を写真3に示す。

落下物は、ブレード折損時の風に風車から100m以内の範囲に付していた。

部品の落下による人的・物的被害はなかった。



※最寄り民家までは500m離れている

図6 落下物状況

1. 3 事故発生後の処置および被害状況

① ブレード内部部材 (長さ12m)



② ブレード内部部材 (長さ12m)



③ ブレード片 (長さ6m)



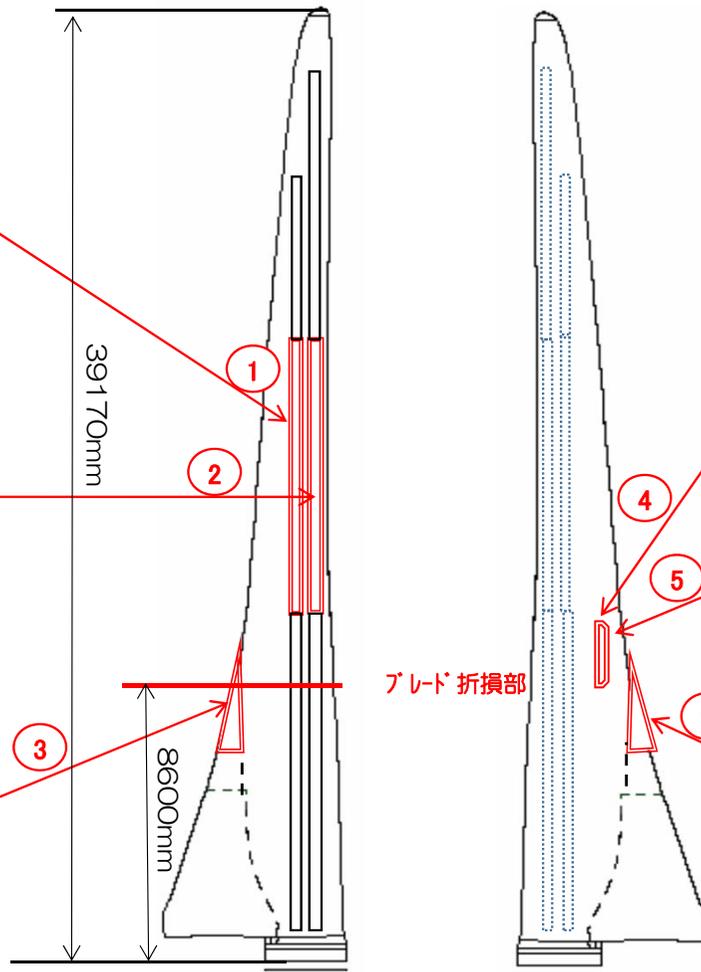
④ ブレード内部部材 (長さ2m)



⑤ ブレード内部部材 (長さ2m)



⑥ ブレード片 (長さ6m)



ブレード内面

写真3 落下物写真

2. 事故原因の推定

2. 1 ブレードの損傷状況の調査

(1) ブレードの損傷状況の調査概要

- ブレード先端部から約1.7mの所に直径10mm程度の貫通穴があり、
導体には雷電流によるアーク痕があった。(図7②参照)
- 内部導体接続部には雷電流によるアーク痕が見られた。(図7①参照)
- 貫通穴周辺のGFRP積層内部に、雷サージと思われる焦げた痕跡があり、
焦げ跡周辺の積層が炭化し約4mm剥離していた。(図8、図9参照)

2. 1 (2) ブレード内面損傷状況(1)

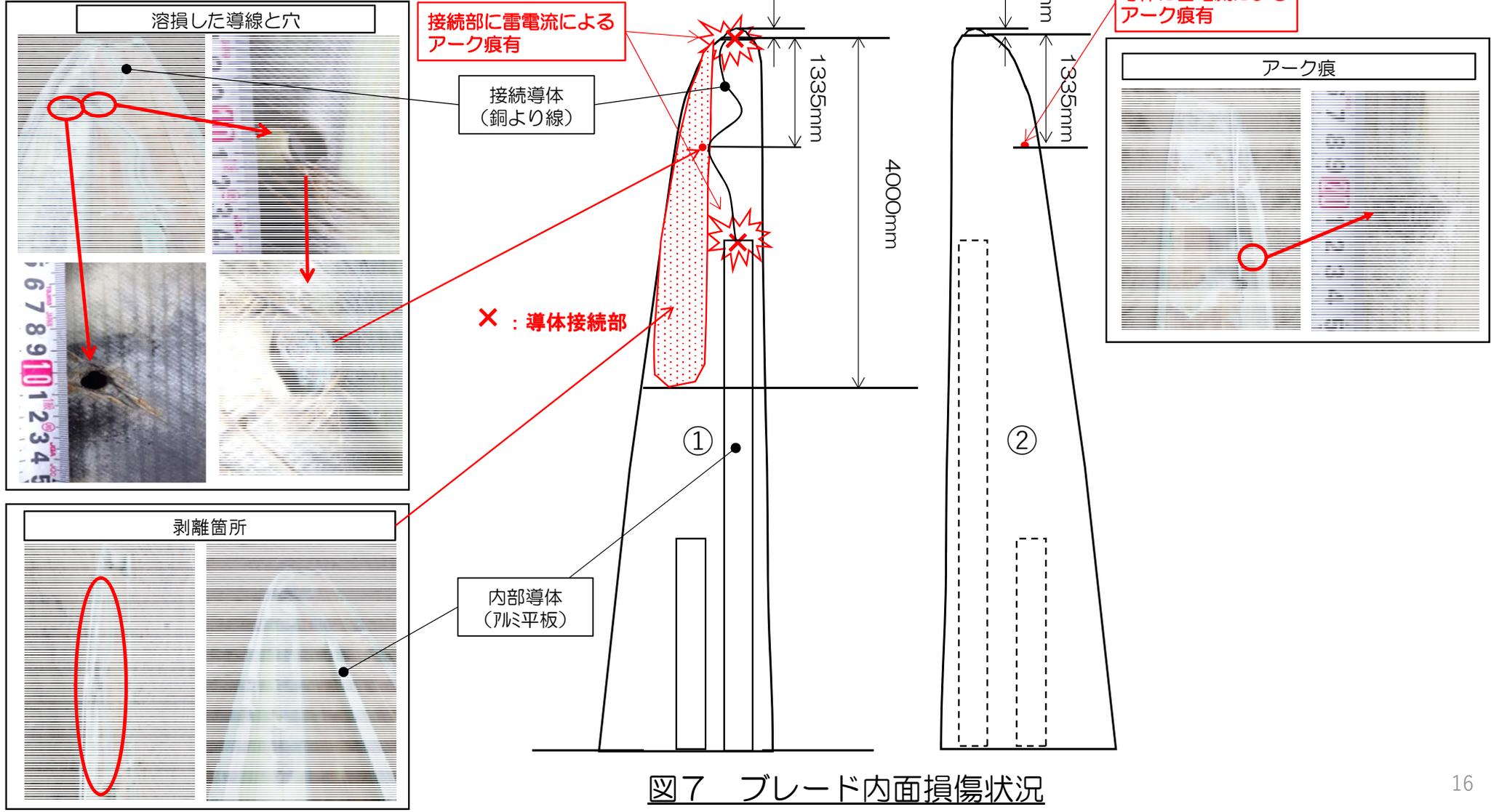


図7 ブレード内面損傷状況

2. 1 (3) ブレード内面損傷状況(2)



図8 ブレード内面損傷状況

2. 1 (3) ブレード内面損傷状況(3) 拡大図

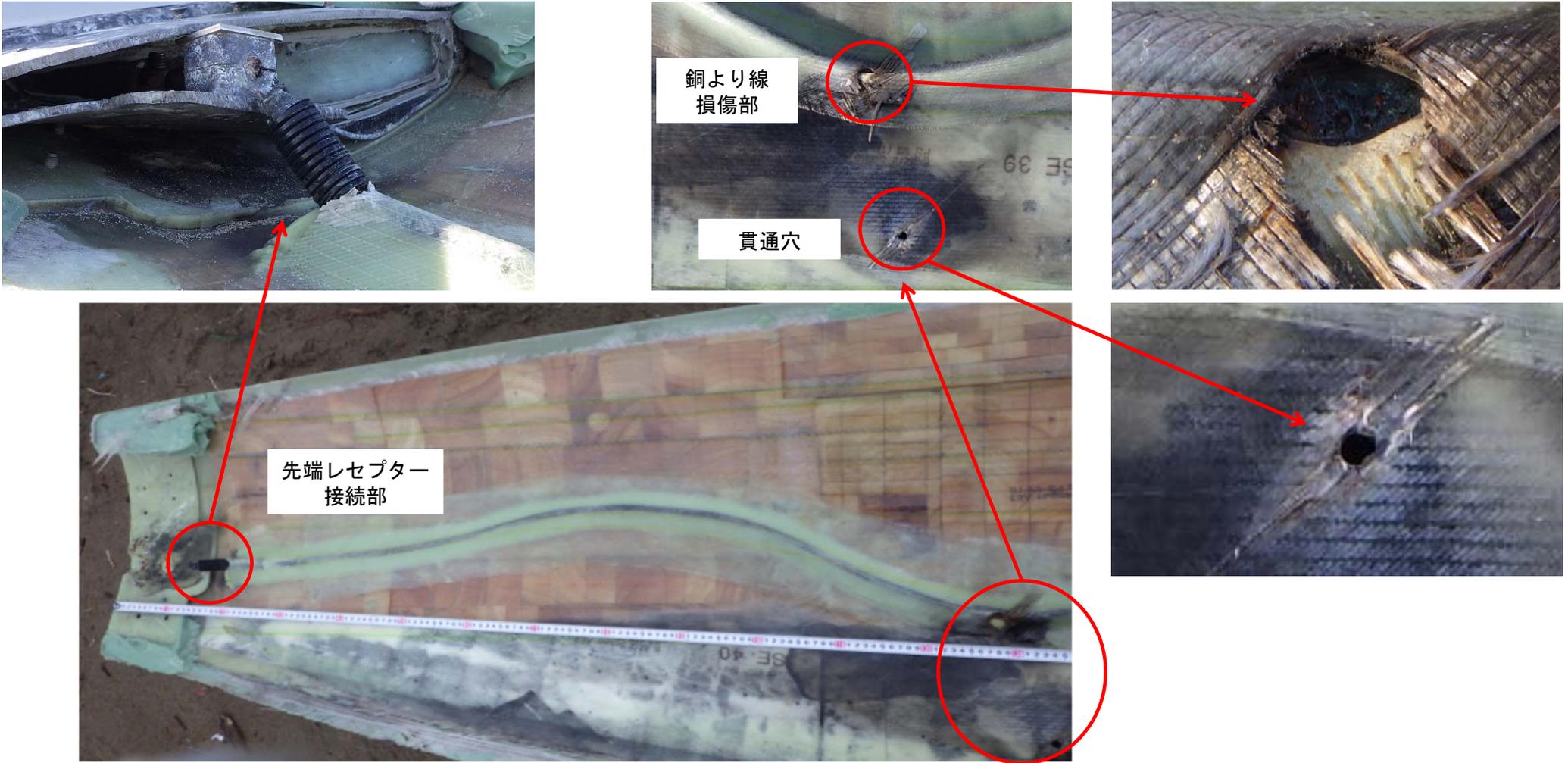


写真4 ブレード内面損傷状況

2. 1 (4) ブレード表面損傷状況

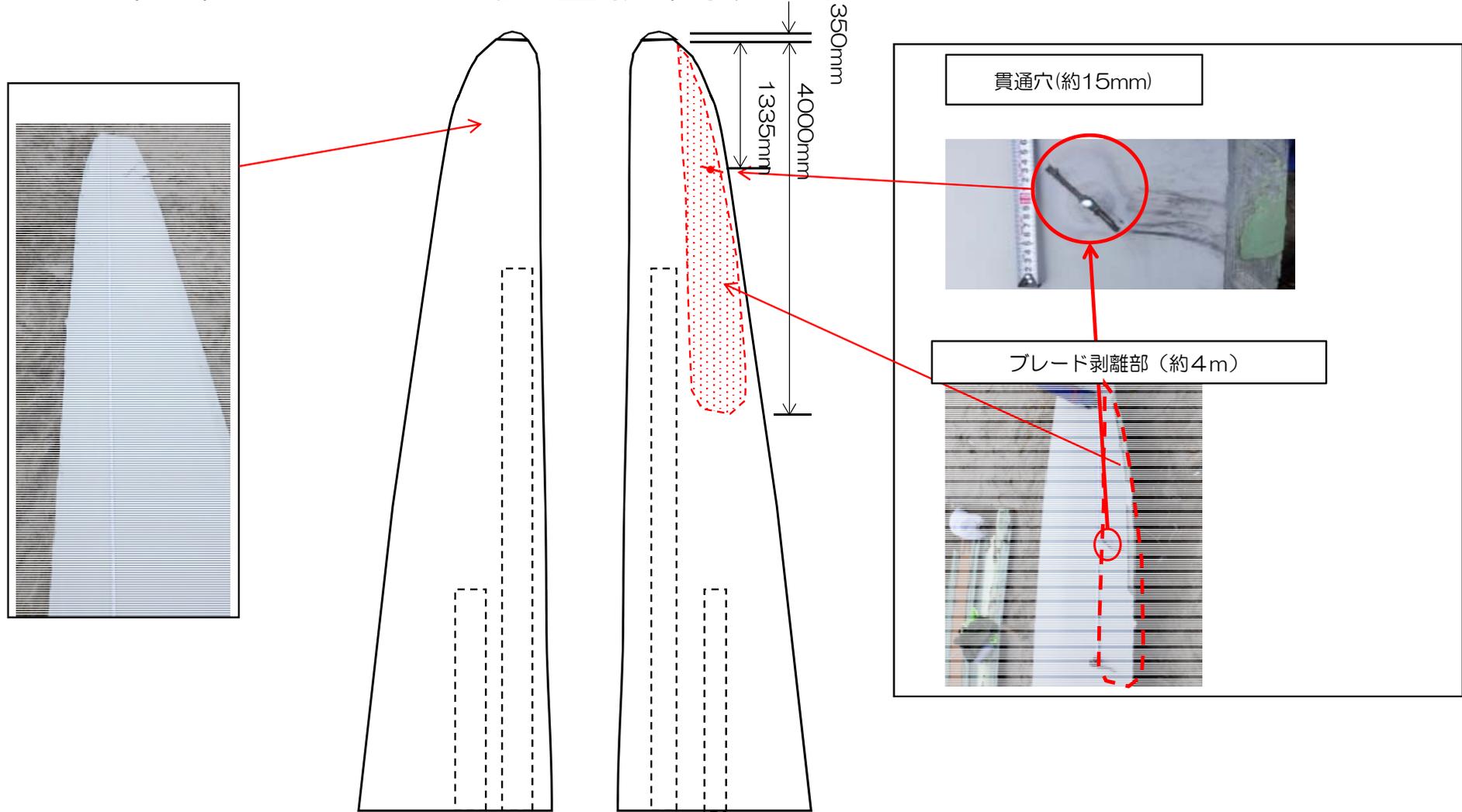


図9 ブレード表面損傷状況

2. 2 事故発生までの流れと事故の主要因の推定(1)

2月14日19時46分 落雷(電荷量328C)により、落雷保護システムが動作し風車自動停止

ブレードの先端から1.7m付近のブレード(GFRP)表面に落雷



ブレード表面からブレード内部へ向けて貫通穴発生



貫通穴部からブレード内導体部間で雷電流により貫通放電(スパーク)発生



ブレード内水分の水蒸気爆発および空気の熱膨張により瞬間的なブレード内圧上昇



ブレード内積層部剥離や亀裂発生
ブレード内貫通穴周辺および導体接続部のアーク痕およびブレード積層部炭化発生

2. 2 事故発生までの流れと事故の主要因の推定(2)

2月15日9時00分 電気主任技術者がマニュアルに基づき現場で地上から目視点検実施

ブレード表面に黒い汚れを視認



ブレード表面のアーク痕損傷を発見できず手動復帰操作にて風車運転再開

2月17日8時34分 ブレード折損

ブレード内積層部剥離状態のまま風車運転継続



ブレードリーディングエッジ部への繰り返し荷重によりブレード積層部剥離が進行



風車運転再開約48時間後(落雷後約60時間後)ブレード内積層剥離部を起点にブレードが2枚に開かれた形に損傷が拡大し、折損に至る

事故の主要因は、ブレードの損傷を発見できず、風車を運転再開したことにあると推定した

2. 2 事故発生までの流れと事故の主要因の推定(3)

落雷以外によるブレード損傷要因の検討

- ブレード積層が黒く内部炭化し剥離した部位以外は、剥離はない（図8参照）
- 貫通穴部から銅より線部へ雷電流が流れ、以降ブレード内部導体を経由し、大地へ放電した（図7、写真4参照）
- 内部導体接続部に、アーク痕はあるが、緩みや外れはない（図7参照）



落雷保護システム、ブレード構造に関する**設計不良要因はない**
FRP積層部の接着不良や、内部導体接続不良の**製造不良要因はない**



2月14日のブレード(GFRP)表面落雷により、ブレード内積層部剥離や亀裂発生、ブレード内貫通穴周辺および導体接続部のアーク痕およびブレード積層部炭化が発生し、その後の風車運転により、ブレード内積層剥離部を起点にブレードが2枚に開かれた形に損傷が拡大し、折損に至ったことより、**落雷を要因としたブレード損傷と推定。**

2. 2 事故発生までの流れと事故の主要因の推定(4)

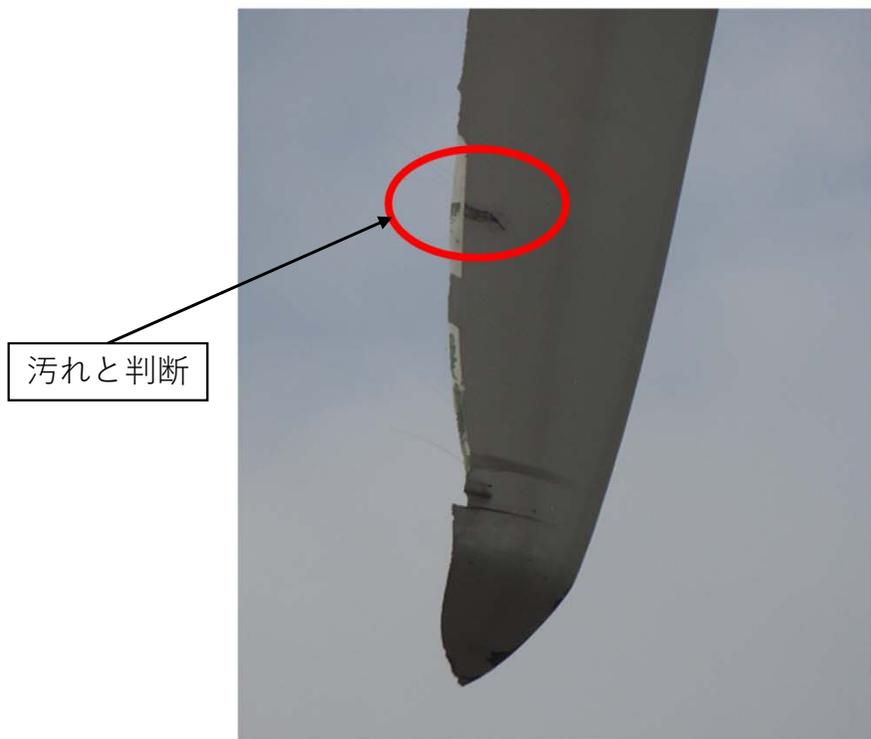


写真5 ブレード損傷箇所（地上から望遠撮影）



写真6 ブレード損傷箇所（地上での撮影）

3. 対策および復旧

現状

落雷に対する保護システムが正常動作し風車が自動停止した場合は、風車納入会社推奨のマニュアルに基づき**ブレードの健全性確認の方法を電気主任技術者による地上からの目視外観点検**としていた（図10左図参照）ため、ブレードアーク痕を発見することができず、運転再開により損傷を拡大させた。



対策

落雷に対する保護システムが動作し風車が自動停止した場合は、**風車納入会社による地上からの望遠レンズを使用した目視外観点検およびファイバースコープを使用したブレード内の精密点検**を実施する（図11右図参照）ことで、ブレードアーク痕等の発見が可能とし、運転再開による損傷拡大を防止する。
風車納入会社推奨マニュアル改訂済、当社**保安規程に落雷による風車停止時の対応を追記する。**⇒ **保安規程改訂済み。**

復旧

ブレードセットおよびその他の交換が必要な部品がそろい次第、復旧工事を実施。
復旧工事完了後、運転再開の予定。⇒ **9月30日工事完了。運転中。**

落雷による風車停止時の対応

事故前（2014年12月～）

今後の対応（変更部分）

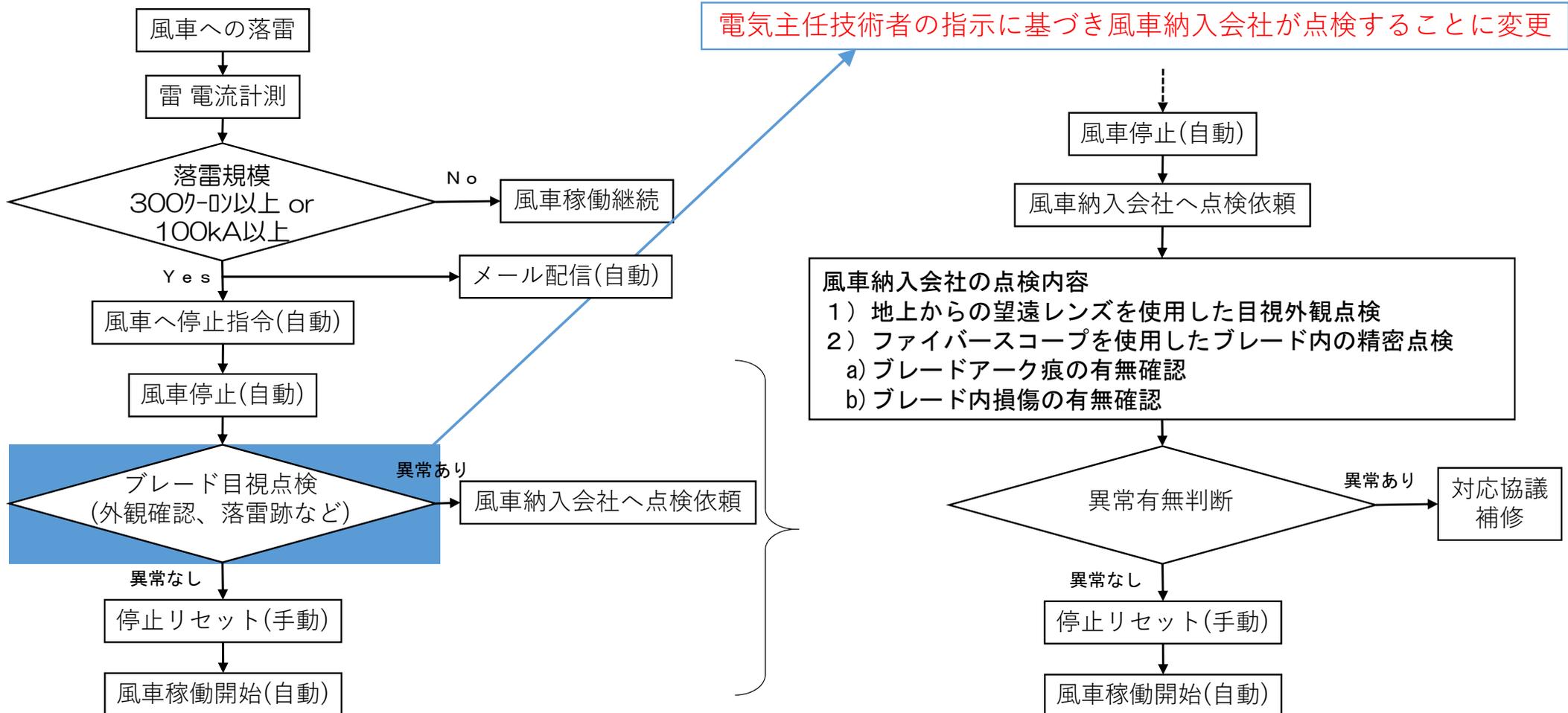
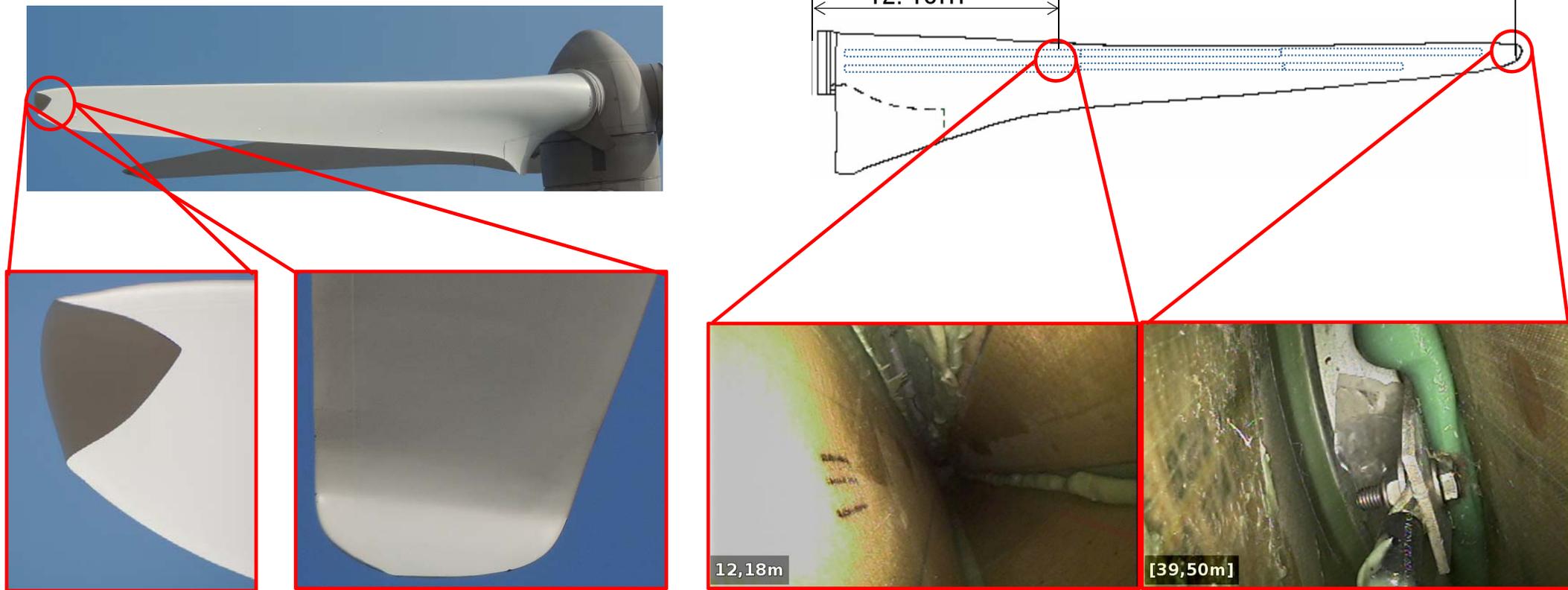


図10 落雷時の対応フロー

風車納入会社による点検事例



望遠レンズでの目視外観点検・ファイバースコープでのブレード内精密点検を実施することでブレードアーク痕およびブレード内損傷発見が可能となる。

図1.1 望遠レンズでの目視外観点検・ファイバースコープでのブレード内精密点検（サンプル）

添付資料 当該機的设计耐雷规格 (IEC规格 保护レベル)

当風車は、表1の被雷保護レベルIに準拠して設計製作されている。また、落雷に対する風車保護システムとして一定規模被雷（全電荷量300C以上またはピーク電流100kA以上）で自動停止する機能を有している。

（雷電流検出装置運用開始；2014年12月）

表1 風力発電設備被雷保護レベル (IEC61400-24：2002)

保護レベル	ピーク電流	比エネルギー	平均電流上昇率	全電荷	回転球体法
	(kA)	(kJ/Ω)	(kA/μs)	(C)	(m)
I	200	10,000	200	300	20
II	150	5,600	150	225	30
III	100	2,500	100	150	45
IV					60

添付資料 落雷解析データ

No.S291620

株式会社日立パワーソリューションズ 御中

落雷解析データ

《落雷発生日調査》

中心地点：秋田県由利本荘市石脇字田尻地先

(北緯 39° 23' 42" / 東経 140° 0' 56")

調査範囲：上記地点を中心とした 10km × 10km

調査期間：2018年02月14日 ～ 2018年02月17日

フランクリン・ジャパンの全国雷観測ネットワーク (JLDN) に
より観測した落雷データに基づく調査結果を、別紙の通りご報告
申し上げます。

注意事項

ご指定地域におけるJLDNの捕捉率は90%以上、平均位置誤差は500m以内です。
緯度・経度の値は世界測地系によるものです。

発行日 2018年02月20日

株式会社 フランクリン
神奈川県相模原市中央区

TEL 042-775-5656 / FAX 042-775-5300



株式会社日立パワーソリューションズ 御中

落雷解析データ

《落雷報告書》

中心地点：秋田県由利本荘市石脇宇田尻地先
(北緯 39° 23' 42" / 東経 140° 0' 56")
調査範囲：上記地点を中心とした 10km × 10km
調査期間：2018年02月14日 19:35 ～ 21:35

フランクリン・ジャパンの全国雷観測ネットワーク (JLDN) に
より観測した落雷データに基づく調査結果を、別紙の通りご報告
申し上げます。

注意事項

ご指定地域におけるJLDNの捕捉率は80%以上、平均位置誤差は500m以内です。
緯度・経度の値は世界測地系によるものです。

発行日 2018年02月21日

株式会社 フランクリン
神奈川県相模原市中央区宮坂1-1-1
TEL 042-775-5656 / FAX 042-775-8800

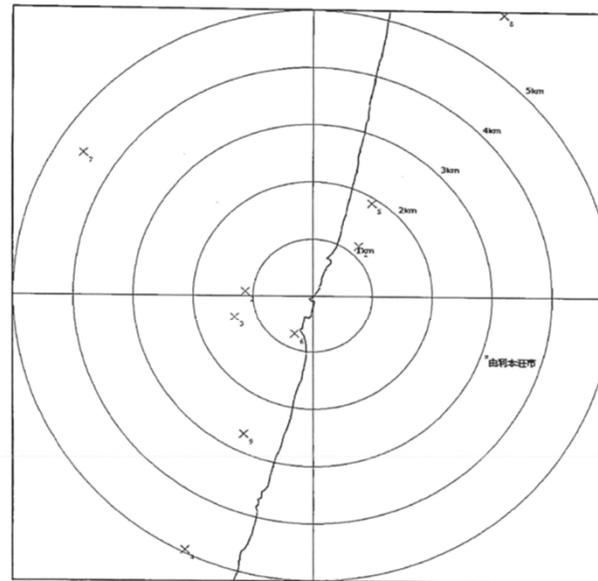


落雷状況図

中心位置：秋田県由利本荘市石島宇田尻地先
(北緯 39° 23' 42" /東経 140° 0' 56")

表示範囲：上記地点を中心とした 10km × 10km

表示期間：2018年02月14日 19:35 ~ 2018年02月14日 21:35



凡例：× 19:35 ~20:05 × ~20:35 × ~21:05 × ~21:35

Copyright(C)1992-2018 Franklin Japan co. All rights reserved.

