第27回産業構造審議会
保安・消費生活用製品安全分科会
電力安全小委員会
新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ

ユーラス西目ウインドファーム 2号機風車火災事故に関する報告（第2報）

令和３年5月28日 株式会社ユーラステクニカルサービス

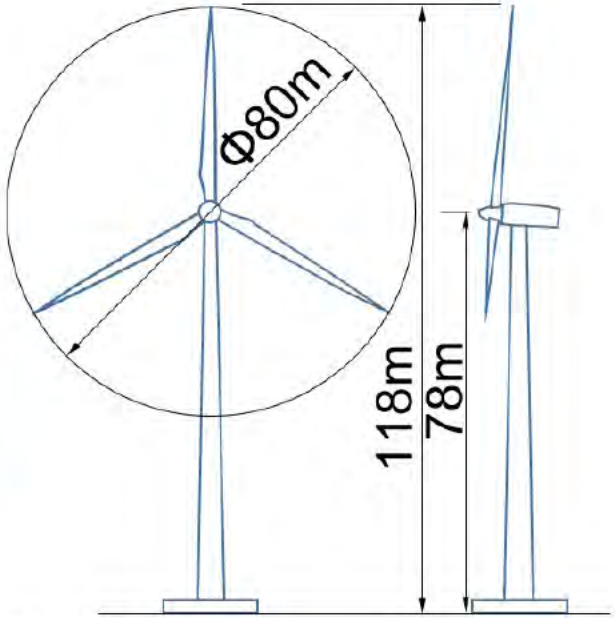
目次

1.発電所概要
2.事故概要
3.事故当日の運転状況
4.前回の質疑事項・回答
5.事故原因分析結果
6.再発防止対策

1．発電所概要

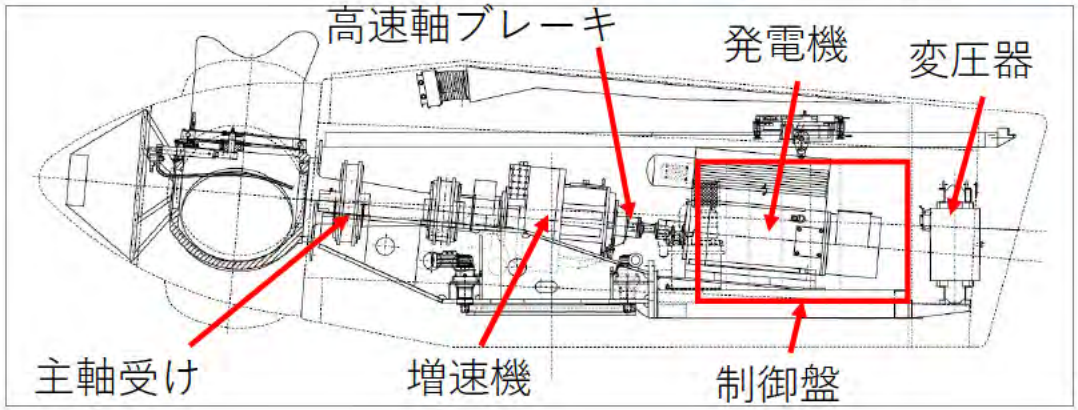
ユーラス西目ウインドファーム概要

- 所在地　　：秋田県由利本荘市西目町出戸字奥ノ台
- 運転開始　：2004年11月
- 定格出力　：2,000kW×15基＝30,000kW



風車仕様

- 機種　　：V80-2.0MW
- 定格電圧　：690V
- 製造年月　：2003年
- 製造者　　：Vestas社（デンマーク）



2．事故概要　－状況

全15基のうち１基(2号機)についてナセル全焼、ブレード一部焼損

事故前の状況
（別号機同型写真）

事故当日の状況
(2020年12月20日19時16分頃)

中央部についてはナセル外壁が消失し
内部機器の影が見えている

事故2日後の状況

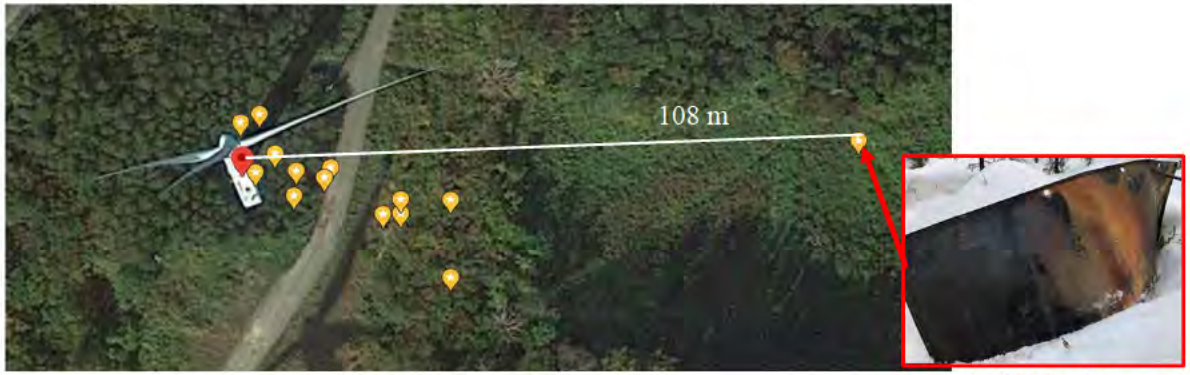
2．事故概要　－経緯

2020年12月20日	風車は通信トラブル発生まで特に異常なく運転していた。
16時49分	通信トラブルが発生（アラーム発報無し）。以後の運転データが途絶える。
17時40分	地元住民から消防署に火災発生の通報。 地元協力業者より秋田事業所員Aに火災発生の連絡。 連絡を受けた秋田事業所員Aは直ちに秋田事業所長へ連絡。
18時過ぎ	西目WFへ移動中の消防署員より秋田事業所所員Aに火災発生の連絡。
18時25分	秋田事業所所長が西目WF管理棟に到着。この時、消防車とパトカーは既に西目WF管理棟に到着済み。
18時30分	秋田事業所長よりユーラステクニカルサービス社内へ火災発生情報を展開。
19時16分	秋田事業所所員Aが2号機火災現場付近に近付き、火災を目視で確認。
19時30分	西目WFの全風車の運転を停止。
19時50分	ユーラステクニカルサービスより関東東北産業保安監督部東北支部に火災発生の連絡。
21時過ぎ	消防署員が2号機の火災状況を確認。この時ほぼ鎮火していた。
2020年12月21日	
3時22分	消防署員が2号機の自然鎮火を確認。

※2号機以外の風車についても火災発生同日に全機運転を停止し、現在に至るまで停止を継続中

2．事故概要　－事故発生後の処置と飛散物

- 火災、それに起因する飛散物を回収
  （飛散物による人的被害、物的被害は無し）



飛散物マップ

制御盤パネル
（1 m×2 m程度）

-ナセル降下・タワー解体工事を行い、タワー倒壊のリスクを排除

降下したナセル

解体したタワー

２．事故概要　–事故機の点検記録

事故発生前の定期点検および直近1ヶ月の月例巡視では2号機の風車に対して特に異常は確認されなかった。

日時	点検・作業名称	備考
2018年5月18日	定期安全管理審査受審	適合
2020年5月8日 ～5月15日	年次点検	各種機器を点検。 特に異常無し。
2020年9月17日 ～9月19日	半年点検	各種機器を点検。 特に異常無し。
2020年11月12日	月例巡視	ナセル内・制御盤内を確認。 キャパシタ外観も確認し、特に異常無し。
2020年12月10日	月例巡視	ナセル内・制御盤内を確認。 キャパシタ外観も確認し、特に異常無し。

３．事故当日の運転状況

<u>事故発生時の気象状況（本荘観測所のデータ）及び風況</u>

・発生日時　　：12月20日（日）夕方　　・天候　：曇り
・気温　：－２～０℃　　・風速　：約13m/s

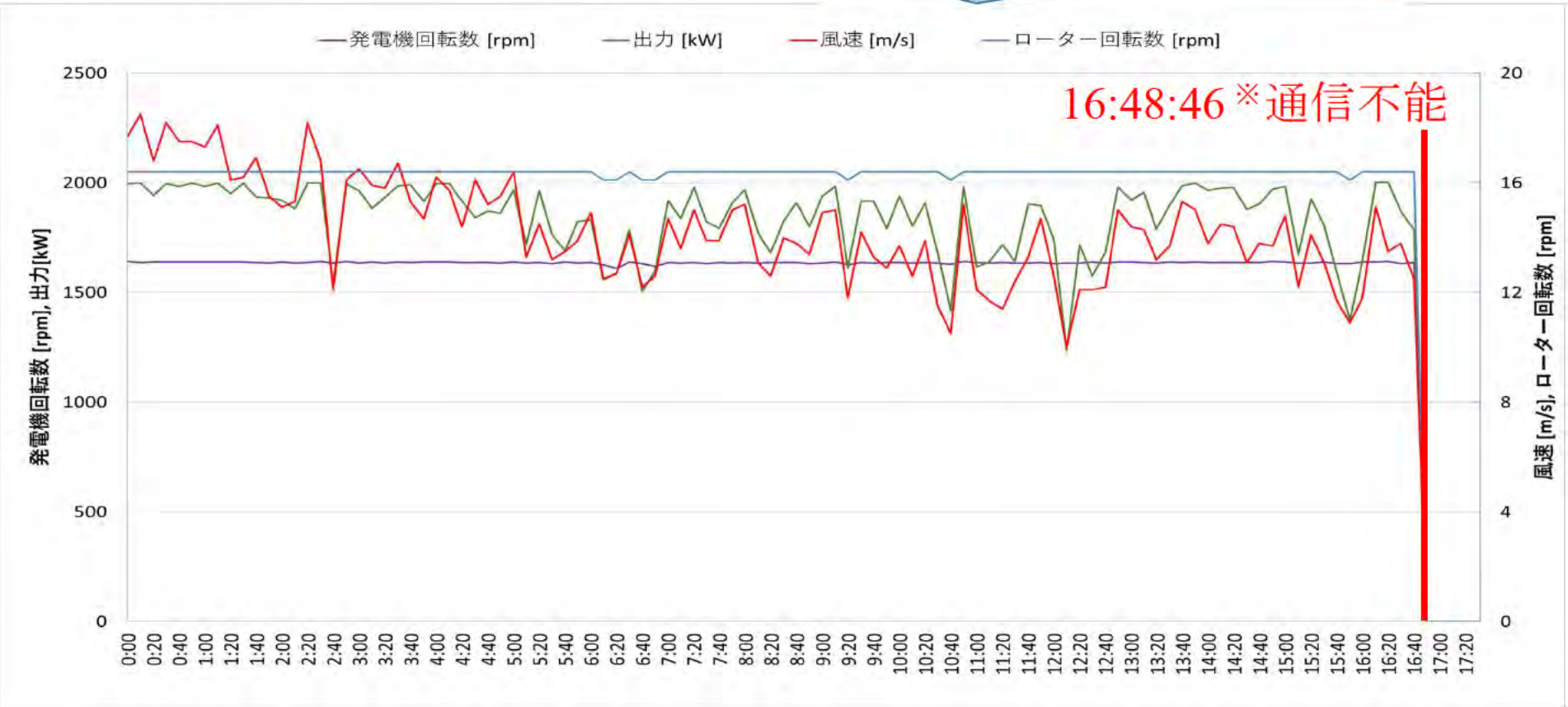
<u>事故発生時の運転状況</u>

- 12月19日（土）：
  強風時に発生するYawずれに関するエラー等が数件発生
- 12月20日（日）～16:40：
  SCADAデータが存在、その後通信不能。通信不能となるまで
  当日は概ね1,500kW～2,000kWで発電運転を継続していた。
- 12月20日（日）16:48:13 [コントローラ内時間]：
  風車コントローラ内のイベントログにExtHighIRotorInv phase: 3
  （インバータ第3相に過電流発生）のエラーが発生した記録有り
- 12月20日（日）16:48:46
  通信トラブルが発生。この時スイッチギヤが遮断動作しており、電源喪失により、
  風車はフェザー状態で自動停止。

3．事故当日の運転状況　－SCADAデータ

10分平均値データ（出力）

特に異常な推移は見られない

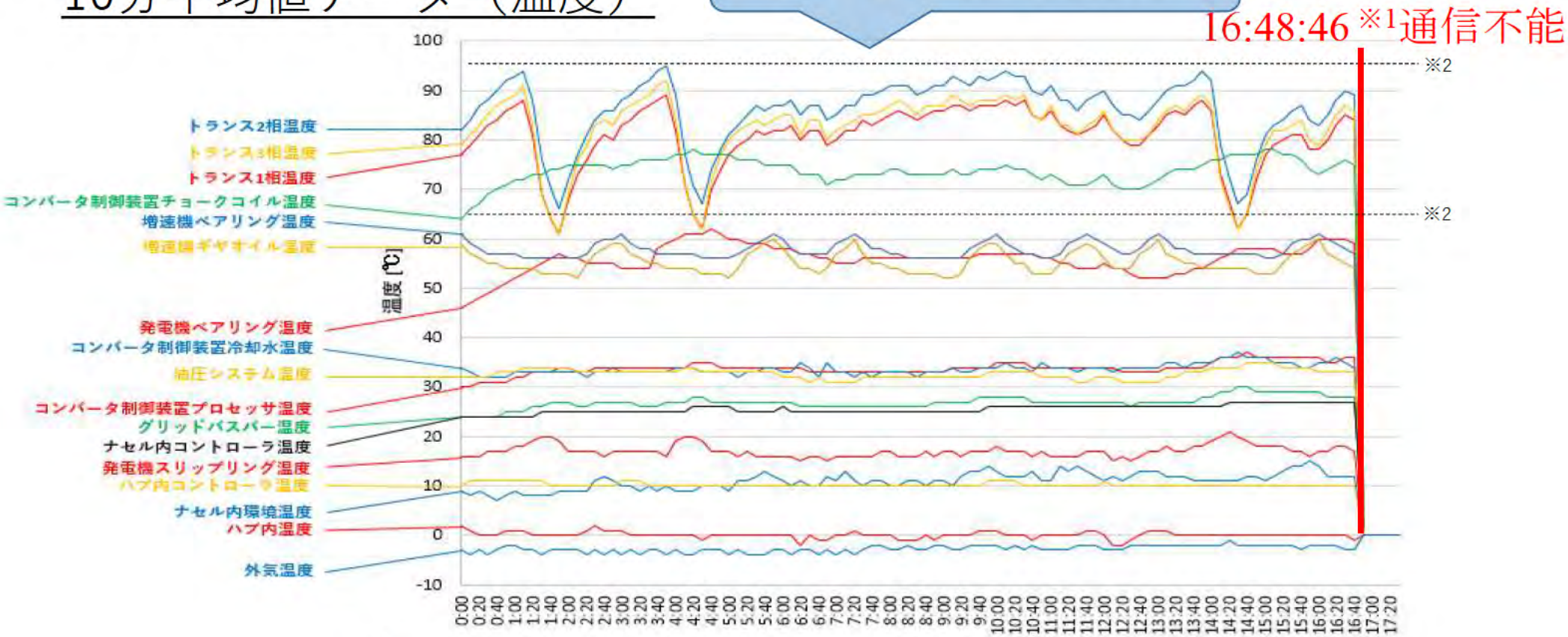


※16時48分46秒[サーバ内時刻]以降の10秒データが欠損

3．事故当日の運転状況　－SCADAデータ

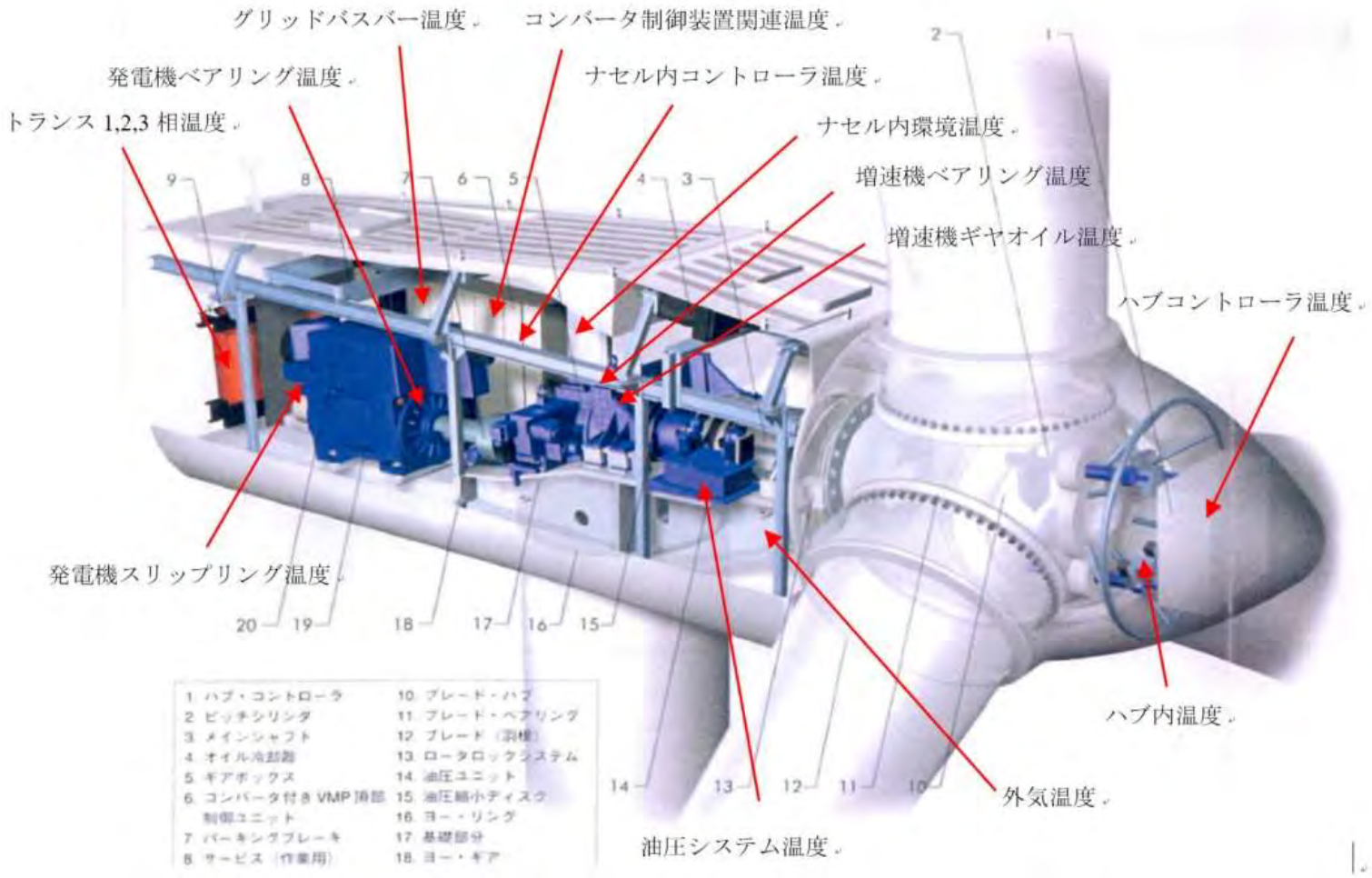
10分平均値データ（温度）

異常な温度上昇は見られない



※1　16時48分46秒[サーバ内時刻]以降の10秒データが欠損
※2　トランスファン作動温度95℃、停止温度65℃

付録．温度測定位置


グリッドバスバー温度
コンバータ制御装置関連温度
発電機ベアリング温度
ナセル内コントローラ温度
トランス 1,2,3 相温度
ナセル内環境温度
増速機ベアリング温度
増速機ギヤオイル温度
ハブコントローラ温度
発電機スリップリング温度
ハブ内温度
外気温度
油圧システム温度
1 ハブ・コントローラ
2 ピッチシリンダ
3 メインシャフト
4 オイル冷却器
5 ギアボックス
6 コンバータ付き VMP 頂部制御ユニット
7 パーキングブレーキ
8 サービス（作業用）
10 ブレード・ハブ
11 ブレード・ベアリング
12 ブレード（羽根）
13 ロータロックシステム
14 油圧ユニット
15 油圧絞小ディスク
16 ヨー・リング
17 基礎部分
18 ヨー・ギア

4．前回の質疑事項・回答

ご質問			回答
1.	山本委員	制御盤内のインバータについて、半導体であれば過去の雷等によってある程度ダメージが蓄積した上で短絡を起こし過電流が流れた可能性がある。風車メーカーに対して制御盤内のインバーターに過電流が流れて火災が発生したことがあるか確認して欲しい。	風車メーカーに確認した結果、インバーターに過電流が流れたことによる火災事故は過去に例が無いとのことです。
2.	貝塚委員	事故の原因調査を期待する。気になるのは通信トラブル後、所員が認知するまで時間がかかった点である。実際に地元住民から消防に連絡している。可能であれば、いち早く事故が起きたことを把握する仕組作りも対策として入れて欲しい。	再発防止対策として通信トラブルを認知するシステムを追加します。 詳細は後段のスライドで説明します。
3.	青木委員	事故機以外についても運転停止しており、対策検討を行い、安全を確認してから運転するということか？	その通りです。 後段のスライドで説明する再発防止対策設備の追加後、運転再開することを計画しております。

５．事故原因分析結果　–分析対象

以下に該当するものを分析対象として選定

- 過去に本WGで取り上げられた風車ナセル火災事故の出火元
- 風力発電設備の定期点検指針（JEAG 5005）内に記載された出火元
- 当社内発火事故の出火元
- 風車メーカー事故調査部位

分析対象	過去の風車事故事例における延焼経緯
①落雷	落雷により油圧シリンダーから漏油した油に引火
②変圧器	690Vヒューズ（銅）とアルミバー間で異種金属接触による電食が発生し、局所的に大電流が流れたことにより金属が溶解し、周辺物が発火
③主軸	主軸軸受の損傷により発生した火花により、グリス受けに溜まった排グリスに着火
④高速軸ブレーキ	高速軸ブレーキの制動力が不十分であった為、ブレーキが引きずられ高温となったパットが溶解・飛散し、周辺の可燃物が発火
⑤発電機	端子箱を起点とした出火
⑥増速機オイルポンプ 制御油ポンプ	—
⑦制御盤	制御盤内に収納されたキャパシタが破裂したことにより、飛散した高温物が周辺の可燃物に接触して発火

5．事故原因分析結果　–落雷

以下事由より落雷が出火原因ではないと考えられる。

- 事故発生時刻2020年12月20日16時49分前後で2号機周辺の落雷検知無し
- 直撃雷検出センサー（大口径ロゴスキーコイル）に当日の落雷記録無し
- インバータの焼損程度が制御盤内他部位と比較して小さい

  また、2019年5月のエラー対応時に、インバータの一部に不具合があったため全数交換しており、ダメージの蓄積は考えづらい

2号機半径30km圏内における落雷履歴（フランクリンジャパンのデータ）

年月日	時分秒	緯度	経度	電流値（kA）	2号機からの距離（km）
2020/12/18	19:31:49	39.323	139.985	28	1.4
2020/12/18	19:31:49	39.195	139.891	-24	16.2
2020/12/18	20:40:08	39.15	139.75	-5	28.1
2020/12/18	20:40:09	39.11	139.851	-7	26
2020/12/18	20:46:18	39.118	139.97	-55	22
2020/12/18	20:48:39	39.213	140.088	152	13.8
2020/12/18	20:48:39	39.054	139.982	-93	29
2020/12/18	20:48:40	39.116	139.9	-19	23.6
2020/12/18	20:48:40	39.115	139.902	-10	23.7
2020/12/20	1:02:15	39.24	140.006	-7	8.3
2020/12/20	1:02:15	39.239	140.008	-6	8.5
2020/12/20	1:38:37	39.311	139.991	-11	0.7
2020/12/20	1:38:37	39.31	139.993	-9	0.6
2020/12/20	3:38:25	39.193	139.919	-14	15.1
2020/12/20	3:38:25	39.192	139.919	-10	15.2
2020/12/20	22:49:42	39.399	140.014	-7	9.5

インバータ

火災前

火災後

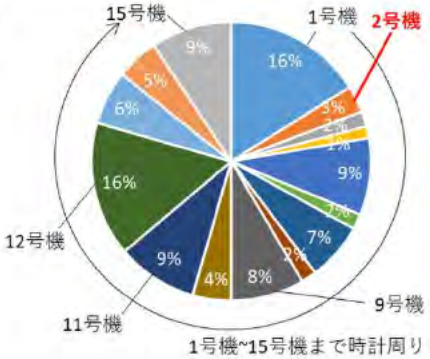
付録．西目WFの直近5年の落雷実績

・西目WFでは縦列配置端部の1号機、9号機、15号機及び海抜高が高い11号機、12号機の落雷が多い
⇒事故機の2号機は比較的落雷の少ない号機

落雷回数

		2015		2016		2017		2018		2019		
		夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	夏	冬	
		2015/4/1	2015/11/1	2016/4/1	2016/11/1	2017/4/1	2017/11/1	2018/4/1	2018/11/1	2019/4/1	2019/11/1	
号機	海抜高(m)	2015/10/31	2016/3/31	2016/10/31	2017/3/31	2017/10/31	2018/3/31	2018/10/31	2019/3/31	2019/10/31	2020/3/31	合計
1	248	0	6	0	8	1	8	0	5	1	7	36
2	252	0	2	0	2	0	0	0	0	0	3	7
3	255	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	4
4	267	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	3
5	279	0	0	0	10	1	6	0	0	0	3	20
6	282	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	4
7	293	0	1	0	6	0	4	0	2	0	2	15
8	295	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
9	291	0	2	0	3	1	10	2	0	0	1	19
10	298	0	2	0	2	0	3	0	1	1	1	10
11	307	0	4	0	4	1	5	0	6	0	1	21
12	303	0	4	0	12	0	12	1	3	0	3	35
13	300	0	2	0	6	0	5	0	0	0	1	14
14	296	0	1	0	4	0	2	0	0	0	4	11
15	296	0	3	0	9	0	4	0	3	0	2	21
合計		1	30	0	73	4	62	3	21	2	28	224

落雷頻度



5．事故原因分析結果　–変圧器

以下事由より変圧器が出火原因ではないと考えられる。

- ケーブルの被膜は焼損しているが、ケーブル銅線は溶損無し
- 高圧コイル外装部の絶縁層は焼損しているが、コイル導体部に電気的溶解痕無し

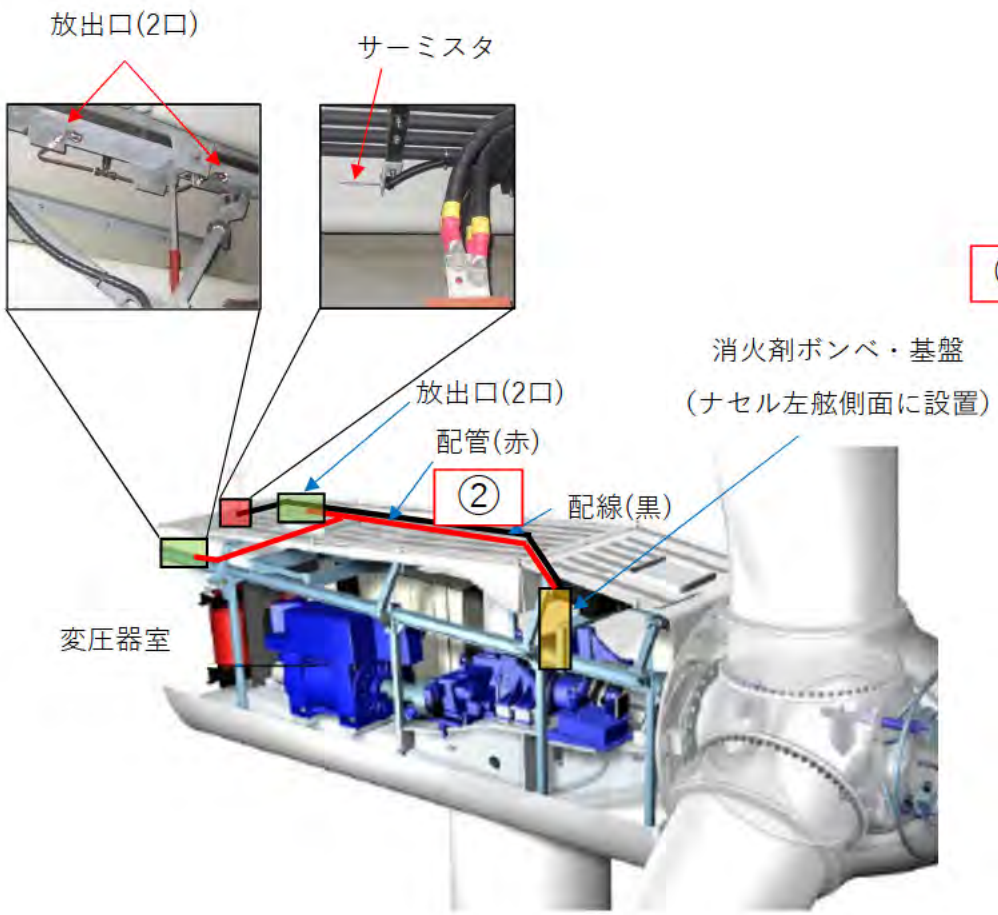
ケーブル銅線に
溶損の痕跡無し

高圧コイル導体部に
電気的溶解痕無し

ユーラス北野沢WF（Gamesa製 G80）建設中の変圧器火災事故

当該事故では変圧器導体部に電気溶解痕が
見られた

5．事故原因分析結果　–変圧器室自動消火設備



火災前　火災後

①

②

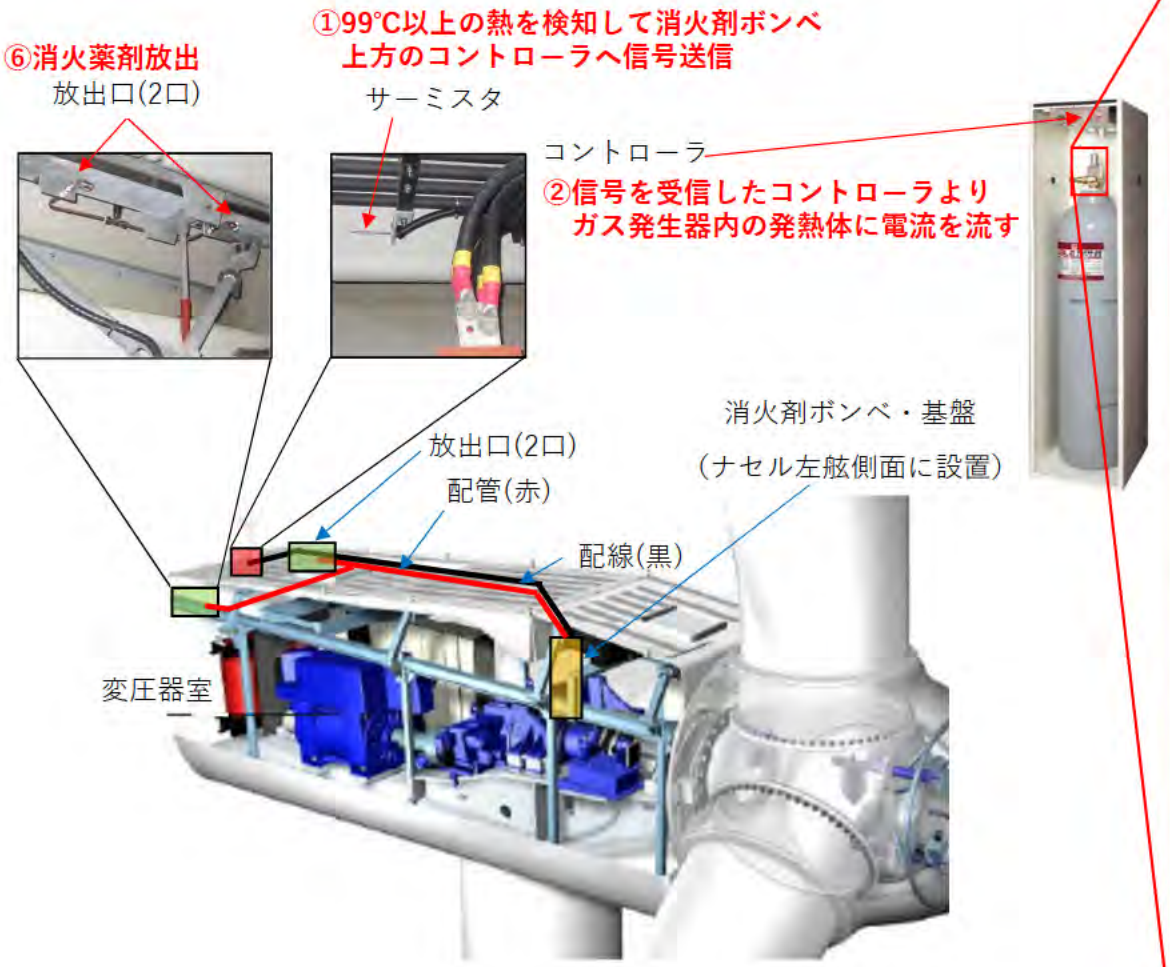
配管の溶失箇所

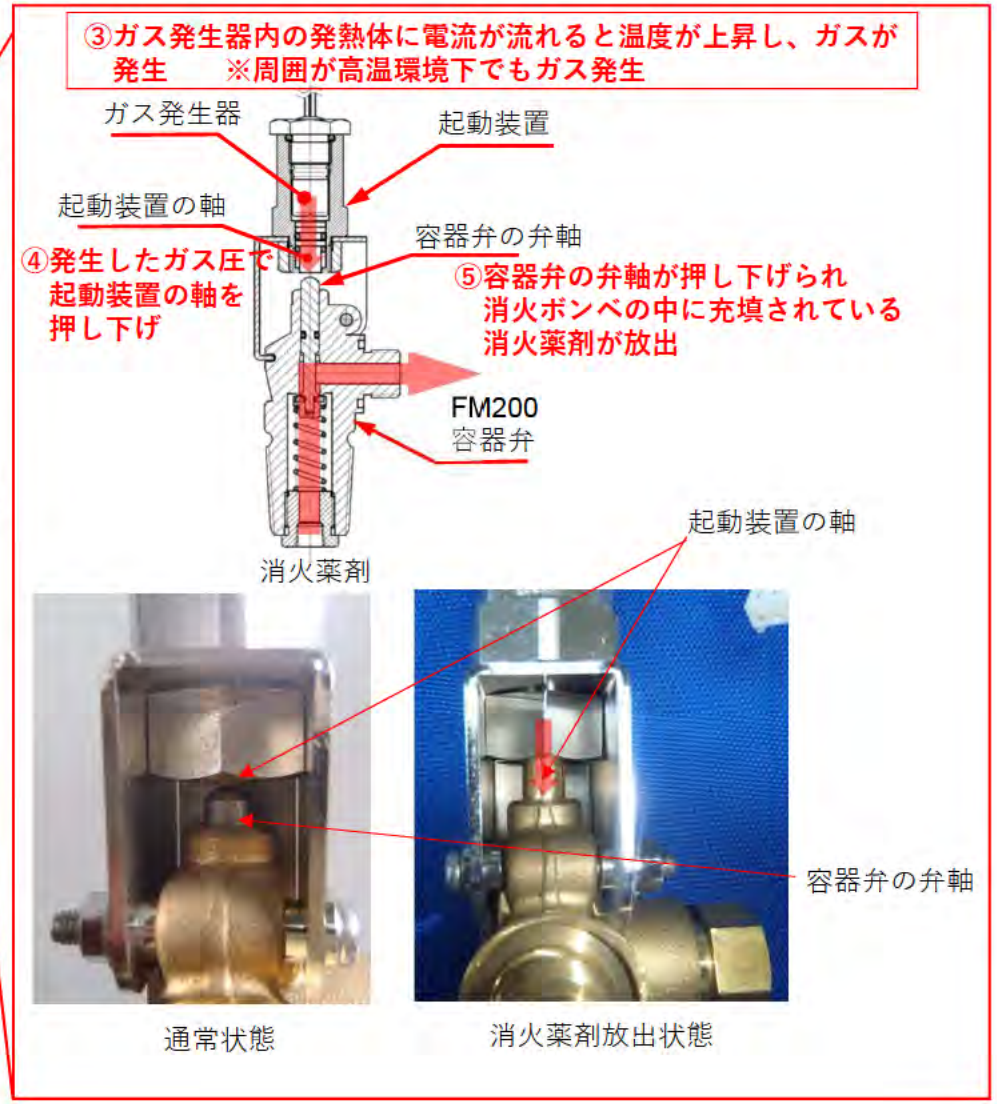
自動消火装置の動作原理

サーミスタが火災の熱(99°C)を検知して消火剤ボンベへ信号を送り、消火剤ボンベから変圧器室の放出口へ消火剤(ハロゲン系消火剤：FM200)を送り噴出させる。

①事故後、消火剤が無くなっていること確認
②配管が制御盤内裏側で溶失
　⇒作動タイミングや消火剤噴出箇所は不明

付録．変圧器室自動消火設備の作動原理



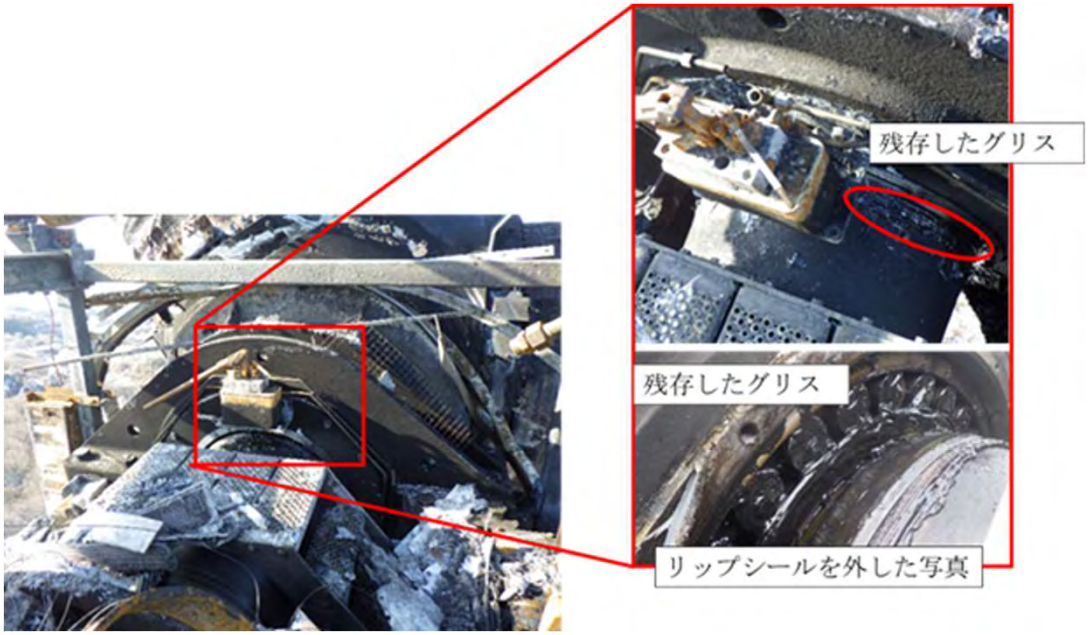


5．事故原因分析結果　–主軸

<u>以下事由より主軸が出火原因ではないと考えられる。</u>

- 配管の溶損無し
- グリスが変質しない状態で残存
- 火災事故前にSCADAデータから主軸温度の異常に関するアラーム等無し

<u>火災前</u>



<u>火災後</u>

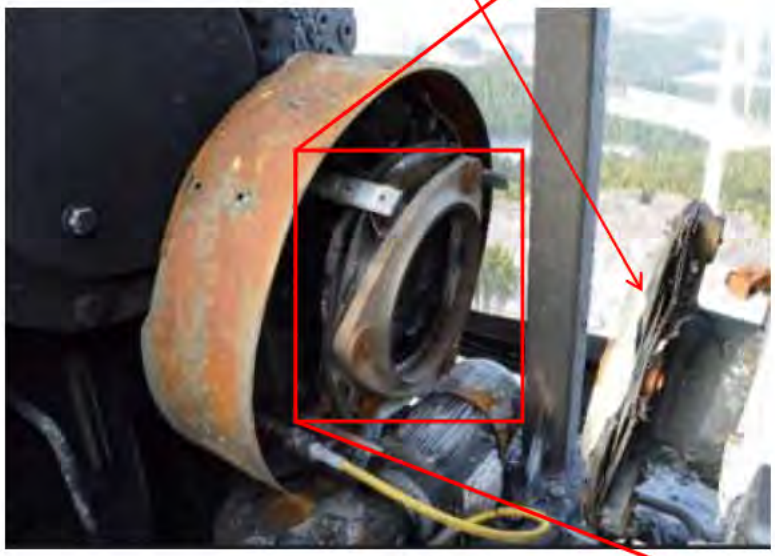
5．事故原因分析結果　–高速軸ブレーキ

以下事由より高速軸ブレーキが出火原因ではないと考えられる。

- 摩擦部品であるブレーキディスク、ブレーキパッド共に有意な損傷がなく原型を留めている
- SCADAデータからブレーキが動作した実績は確認されていない

火災前

カップリング外した状態



火災後

ブレーキディスク

ブレーキパッド

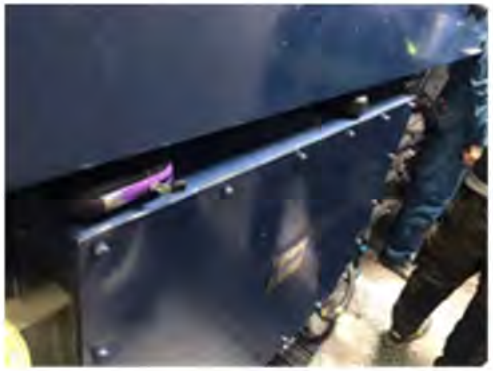
火災事故後　：最小厚さ6.0 mm
2020年5月　：最小厚さ6.4 mm
⇒パッド摩耗量は正常な範囲

5．事故原因分析結果　–発電機

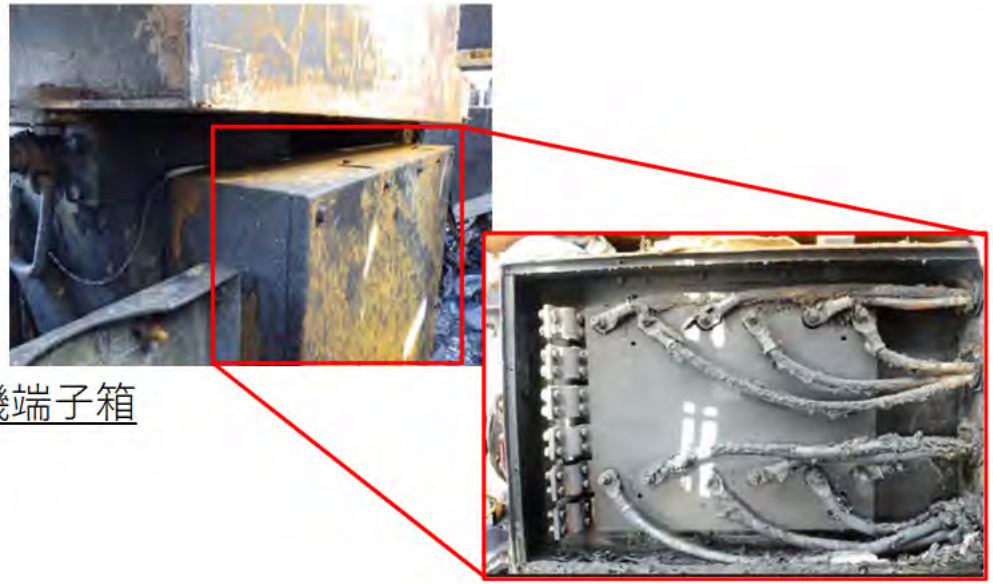
以下事由より発電機が出火原因ではないと考えられる

- 発電機端子箱はほぼ原型を留めている
- 発電機端子箱内部のケーブルについて被膜が溶損しているものの、アークが発生した痕跡無し
- スリップリング、ブラシ共にほぼ原型を留めており、アークが発生した痕跡無し

火災前



火災後



発電機端子箱

ブラシ

スリップリング

５．事故原因分析結果　–増速機オイルポンプ
–制御油ポンプ

以下事由より増速機オイルポンプ、制御油ポンプが出火原因ではないと考えられる。

- 増速機オイルポンプについてほぼ原型を留めており、その周辺配管も残存
- 制御油ポンプについてモーターに電気的損傷の痕跡無し

増速機オイルポンプ

制御油ポンプ

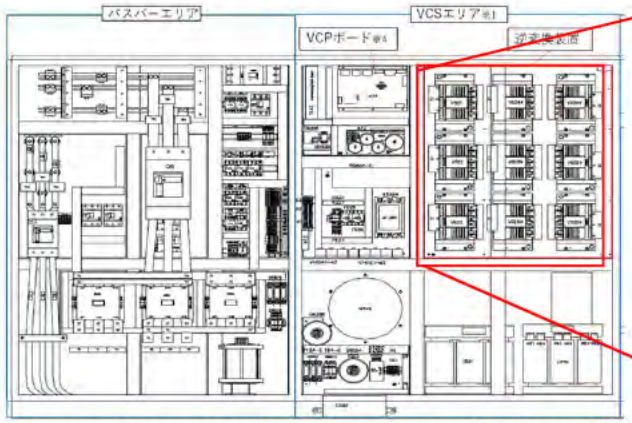
5．事故原因分析結果　–制御盤

<u>以下事由より制御盤内のDCリンクキャパシタが出火原因と考えられる。</u>

ⅰ、火災発生時の撮影記録より、ナセル中央部（制御盤近傍）からナセル両端に延焼

ⅱ、VCSエリアの焼損状況確認結果

- 逆変換装置は比較的原型を留めていた
- フィルターキャパシタ近傍にアーク痕等の電気的損傷の痕跡無し
- DCリンクキャパシタの著しい焼損/固定架台の溶損/近傍のスパッタ痕・アーク痕等の痕跡

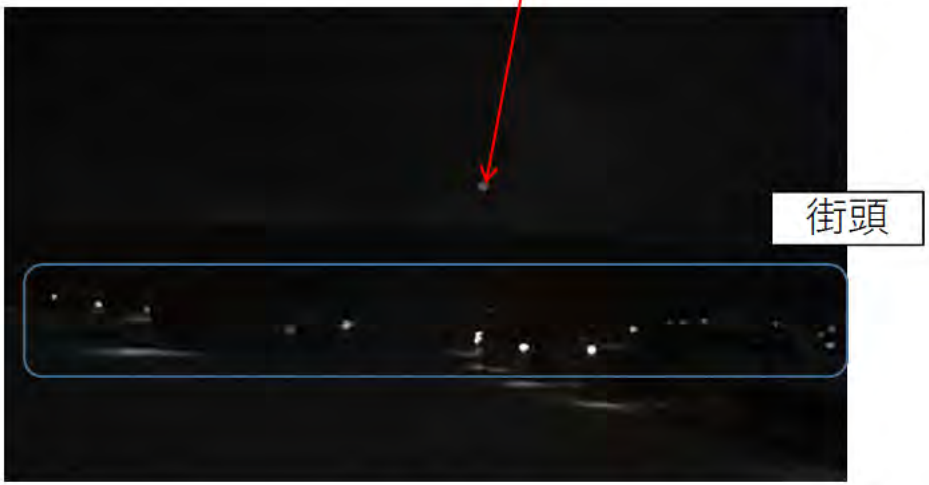


<u>DCリンクキャパシタ</u>
<u>（制御盤裏側）</u>

5．事故原因分析結果　–制御盤　撮影記録

i、火災発生時の撮影記録より、ナセル中央部（制御盤近傍）からナセル両端に延焼

火災発生初期



火災確認時の監視カメラの映像
（17時20分）

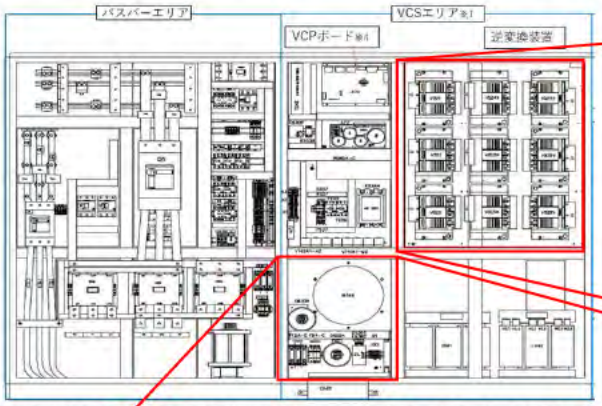
火災発生からおよそ2時間後

火災現場で撮影した写真（19時16分）

5．事故原因分析結果　–制御盤　焼損状況①

ii、VCSエリアの焼損状況確認結果

- 逆変換装置は比較的原型を留めていた
- フィルターキャパシタ近傍にアーク痕等の電気的損傷の痕跡無し



※1 発電機の励磁を制御するエリア　※2 風車全体をコントロールをするエリア　※3 モーターなどの負荷に電
※4 逆変換装置のコントローラ

火災前

火災後

原型留めており電気的損傷の痕跡無し

火災前

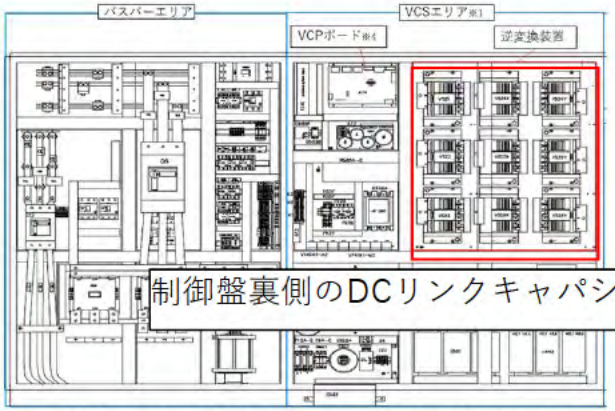
火災後

フィルターキャパシタは
アルミと樹脂製のため焼失したものの
周辺に電気的損傷の痕跡無し

5．事故原因分析結果　–制御盤　焼損状況②

ii、VCSエリアの焼損状況確認結果

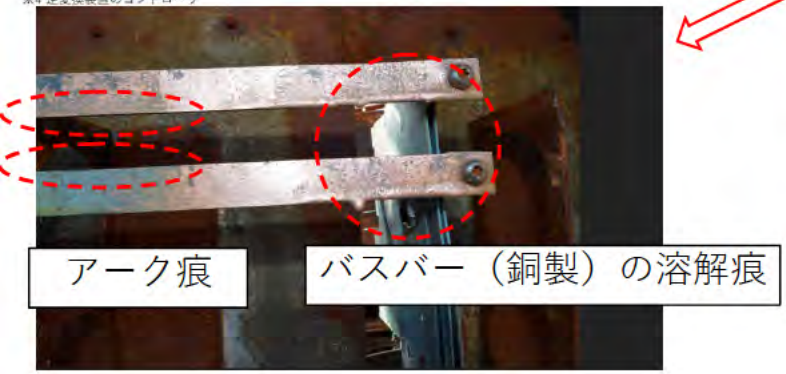
- DCリンクキャパシタの著しい焼損/固定架台の溶損/近傍のスパッタ痕・アーク痕等の痕跡



火災前

火災後

キャパシタの著しい焼損



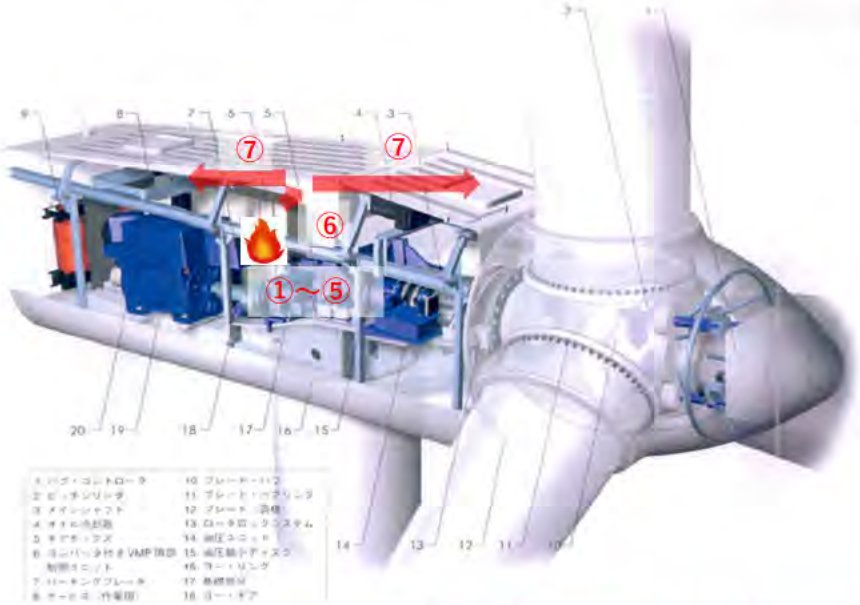
スパッタ痕

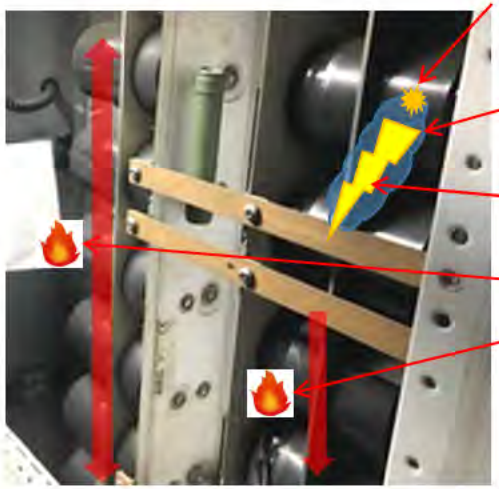
溶解金属の飛散痕

固定架台（銅製）の溶損

5．事故原因分析結果　–制御盤　延焼フロー

ｉの撮影記録、ⅱのVCSエリアの焼損状況確認結果より、制御盤裏のDCリンクキャパシタを出火元とした以下延焼フローが想定される





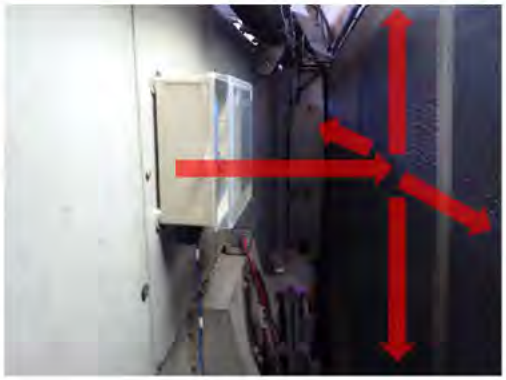
①製作不良あるいは劣化等によるDCリンクキャパシタの破損
破損によりイオン化したガスが噴き出し

②周辺雰囲気のイオン化

③ブスバーとの間でアーク発生

④アークの熱により周囲のDCリンクキャパシタの
外装材等が発火し、破損・延焼が拡がる

⑤熱的影響等によりDCリンクキャパシタ裏の
制御盤パネルが脱落



⑥制御盤パネル脱落部分より
ナセル内壁（吸音材）に延焼

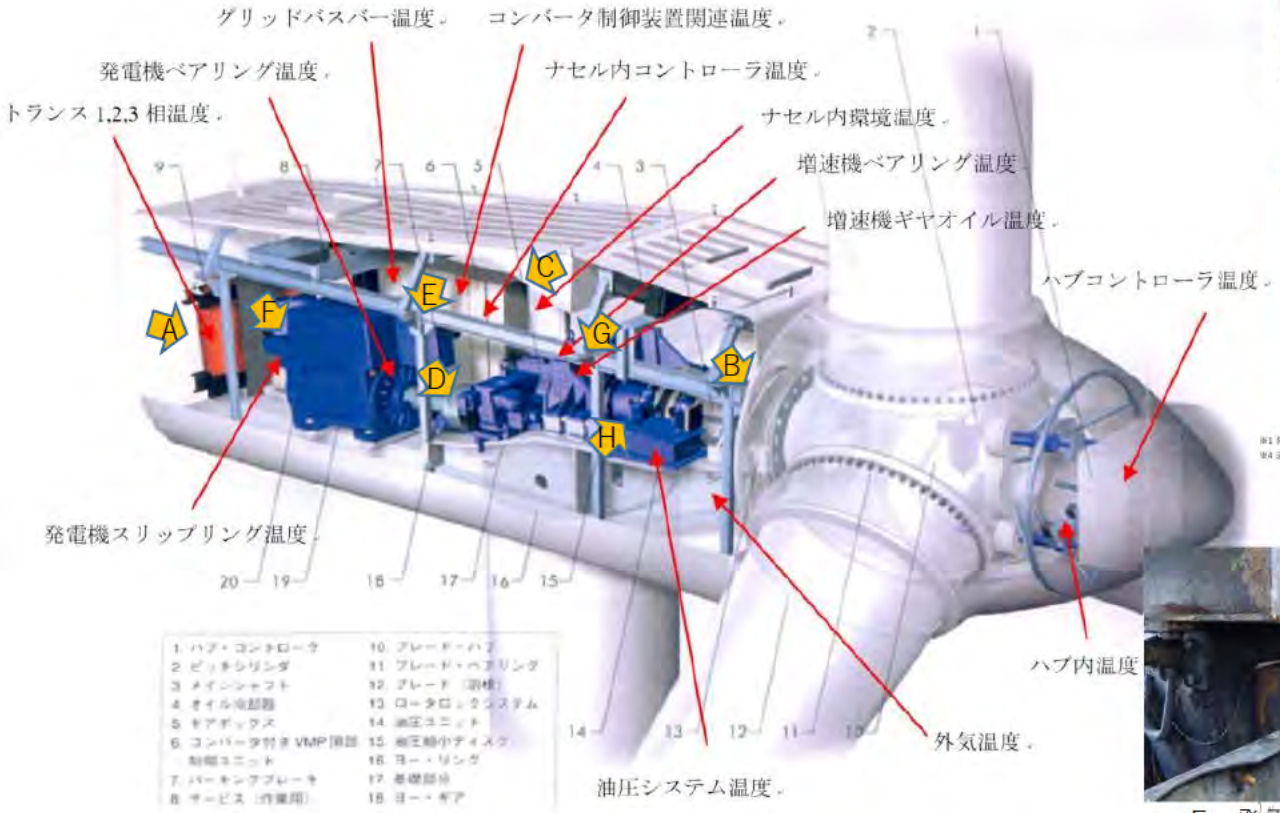
⑦セル内壁より風車全体に延焼

5．事故原因分析結果　–まとめ

- 制御盤内のDCリンクキャパシタが出火元の可能性が高いと判断した。

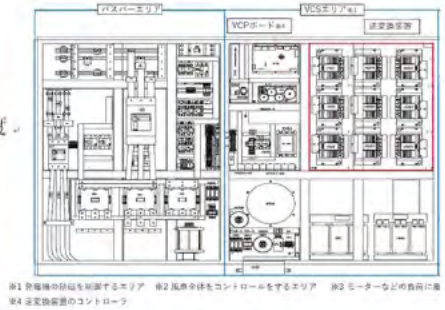
発生原因（出火元）	分析結果	判定
①落雷	-事故発生時刻2020年12月20日16時49分前後で2号機周辺の落雷検知無し -直撃雷検出センサー（大口径ロゴスキーコイル）に当日の落雷記録無し -IGBTの焼損程度が制御盤内と比較して小さい	出火元とは考えられない
②変圧器	-ケーブルの被膜は焼損しているが、ケーブル銅線は溶損無し -高圧コイル外装部の絶縁層は焼損しているが、コイル導体部に電気的溶解痕無し	
③主軸	-配管の溶損無し -グリスが変質しない状態で残存 -火災事故前にSCADAデータから主軸温度の異常に関するアラーム等無し	
④高速軸ブレーキ	-摩擦部品であるブレーキディスク、ブレーキパッド共に有意な損傷がなく原型を留めている -SCADAデータからブレーキが動作した実績は確認されていない	
⑤発電機	-発電機端子箱はほぼ原型を留めている -発電機端子箱内部のケーブルについて被膜が溶損しているものの、アークが発生した痕跡無し -スリップリング、ブラシ共にほぼ原型を留めており、アークが発生した痕跡無し	
⑥増速機オイルポンプ 制御油ポンプ	-増速機オイルポンプについてほぼ原型を留めており、その周辺配管も残存 -制御油ポンプについてモーターに電気的損傷の痕跡無し	
⑦制御盤	-火災発生時の撮影記録より、ナセル中央部（制御盤近傍）からナセル両端に延焼 -VCSエリアの焼損状況確認結果 - 逆変換装置は比較的原型を留めていた - フィルターキャパシタ近傍にアーク痕等の電気的損傷の痕跡無し - DCリンクキャパシタの著しい焼損/固定架台の溶損/近傍のスパッタ痕・アーク痕等の痕跡	**出火元の可能性が高い**

付録．分析対象位置



A　変圧器

B　主軸



C　制御盤

D　高速軸ブレーキ

E　発電機端子箱

F　スリップリング

G　増速機オイルポンプ

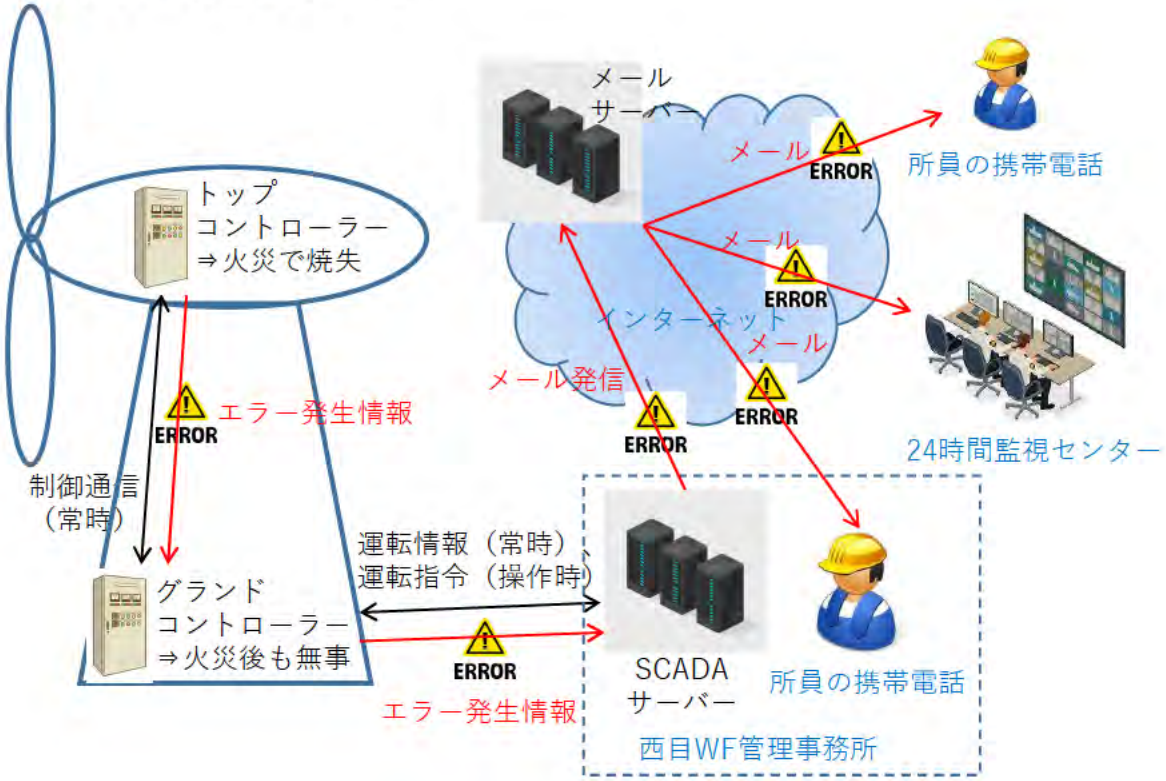
H　制御油ポンプ

5．事故原因分析結果　–警報不動作①

<u>システム</u>
グランドコントローラーが健全な場合、トップコントローラーで検知した異常が
グランドコントローラーからSCADAサーバーに発報され記録される

<u>火災事故後の状態</u>
- トップコントローラーは火災で焼失
- グランドコントローラーは健全
- 通信不能発生以後のグランドコントローラーデータ無し

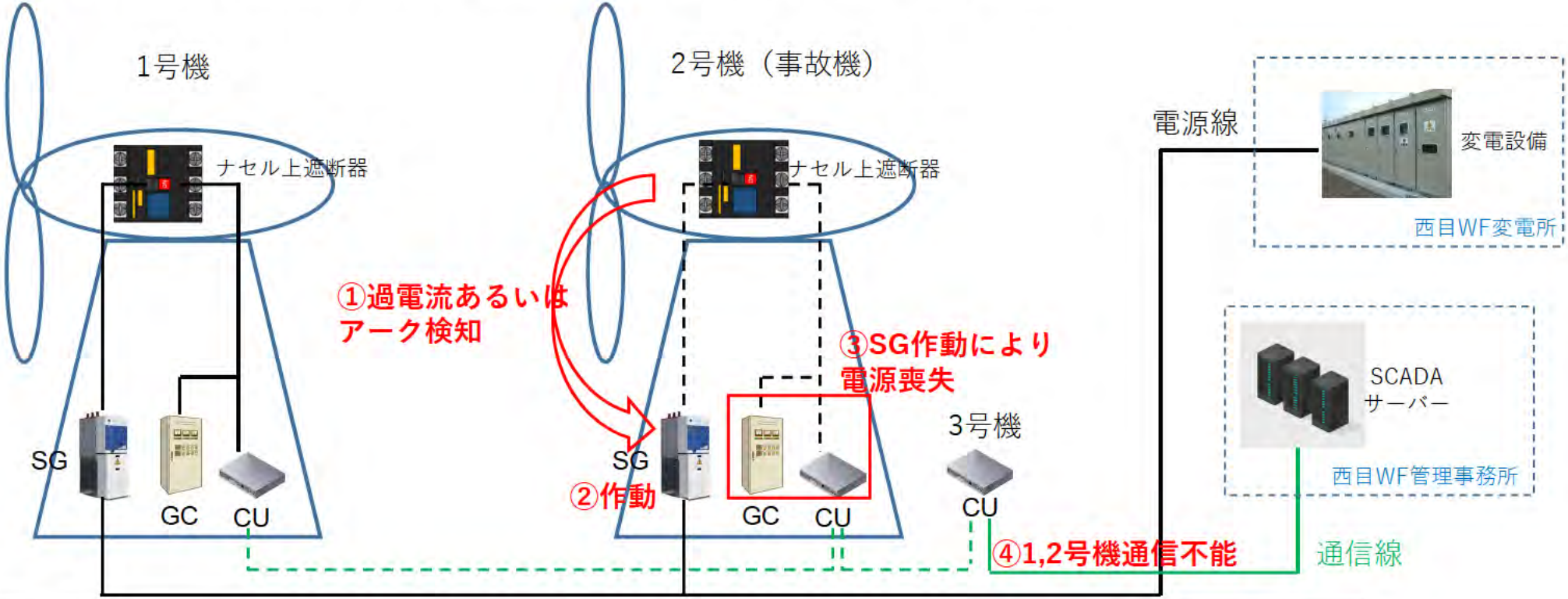
⇒グランドコントローラー自体が動作および通信できない状態となったと考えられる



<u>風車エラー検知・通報の仕組み</u>

5．事故原因分析結果　–警報不動作②

- 制御盤内のキャパシタに起因する過電流あるいはアークによりスイッチギヤ（SG）が遮断動作しグランドコントローラ（GC）、通信機（CU）への電源喪失したことが、警報不動作の原因と考えられる。　※事故後、SGは遮断動作状態となっていたことを確認



電源喪失を通知する仕組がなかった為、2号機の異常に気付くことが出来なかった

６．再発防止対策　–対策

<u>設備上の対策</u>

・出火対策　　：制御盤内への自動消火設備の導入

・出火対策　　：ナセル内側への不燃シート設置

・警報不作動対策　　：SCADAサーバーに風車との通信不能を検知・発報する機能追加

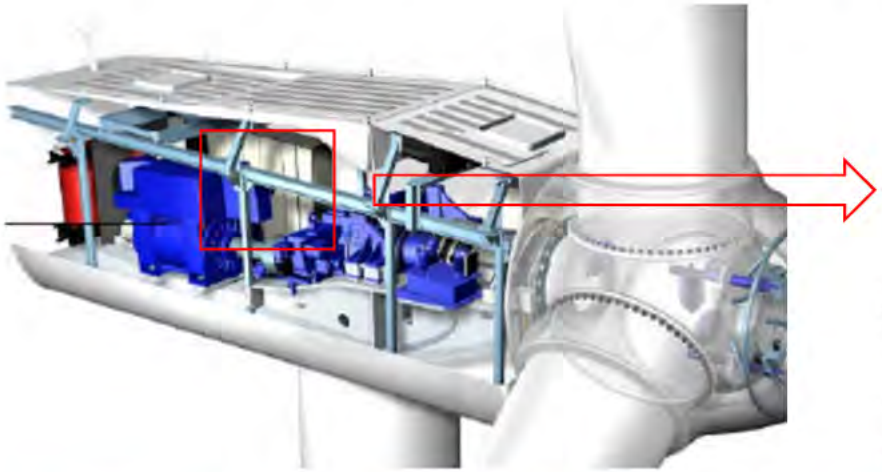
<u>運用上の対策</u>

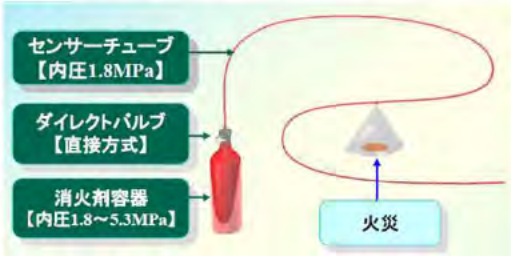
・出火対策　　：従来の点検要領にDCリンクキャパシタの静電容量の定期的な測定を追加し経年劣化の確認強化

・警報不作動対策　　：設備上の対策にて追加した通信不能エラー受信後、必ず迅速に遠隔監視カメラや目視等で該当する風車の状況を確認する運用体制を構築

6．再発防止対策　–設備上の対策　出火対策

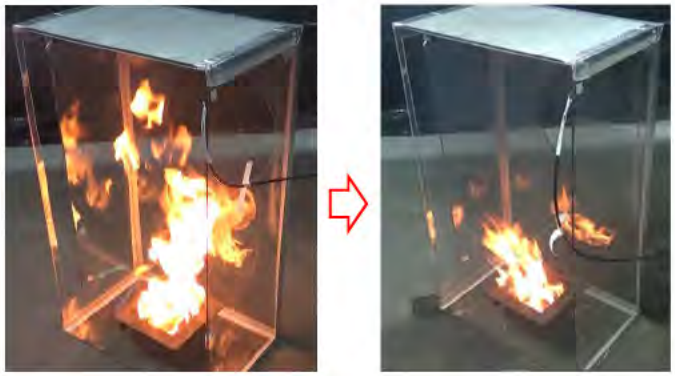
制御盤内に自動消火装置の追加



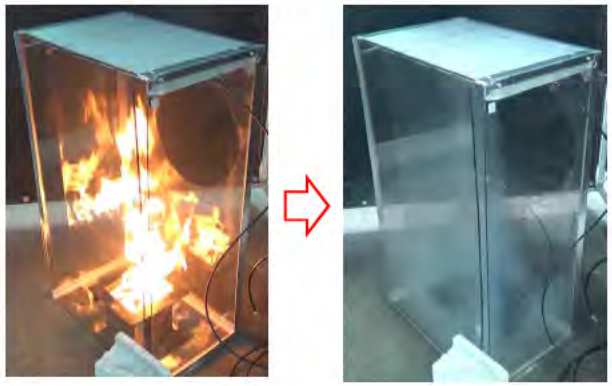


火災時にはセンサーチューブが溶けて破裂することにより、チューブ内部にある消火剤(ハロゲン系消火剤：Novec1230)を放出して冷却消火

制御盤施工例



制御盤扉開放状態



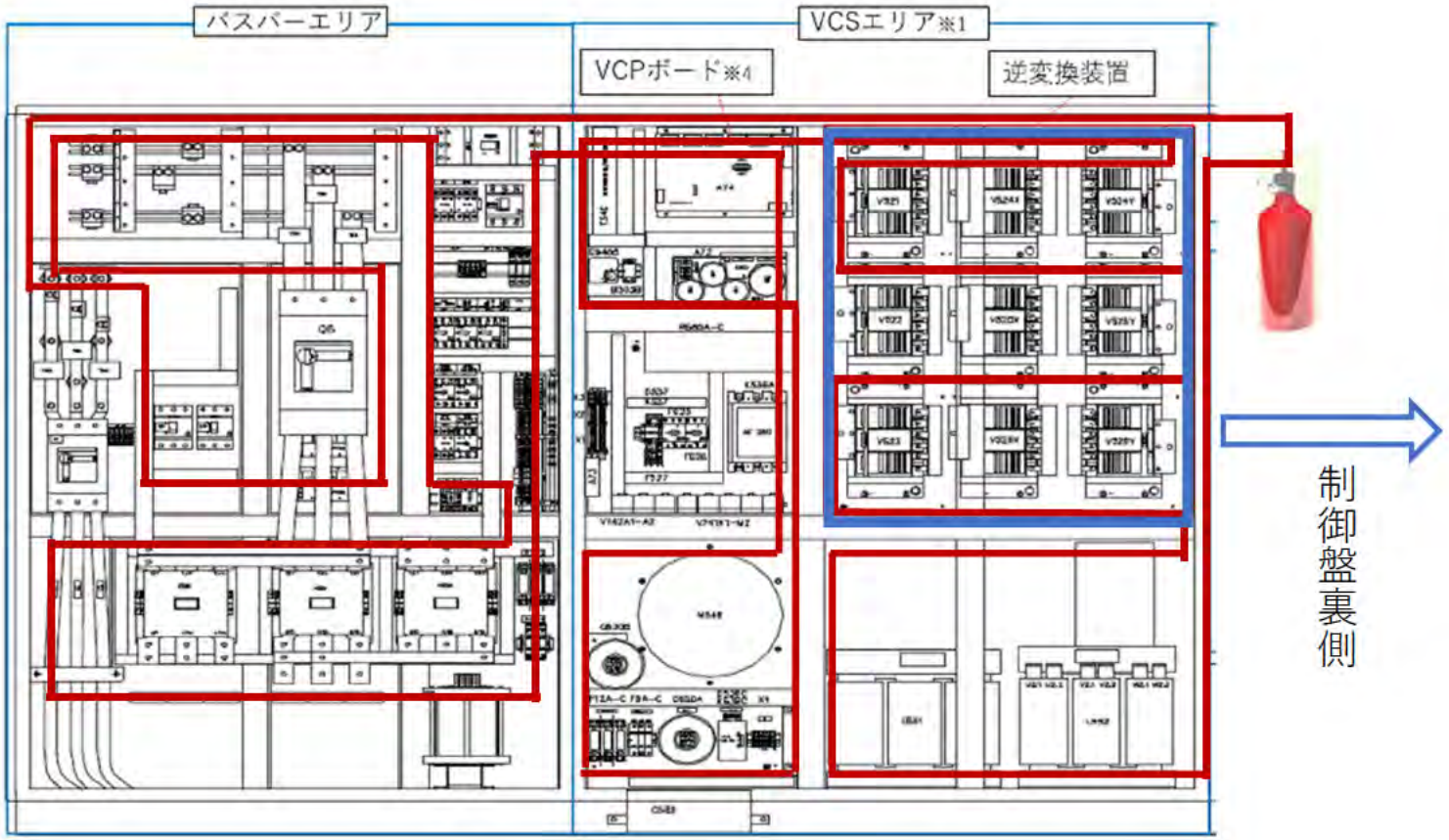
制御盤扉閉鎖状態

制御盤室空間を模擬した消火実験

⇒制御盤扉の開放状態など開口率が大きい条件だと消火できない可能性があるため併せて制御盤扉開放防止対策も導入

6．再発防止対策　―設備上の対策　出火対策

自動消火装置設置イメージ



制御盤裏側

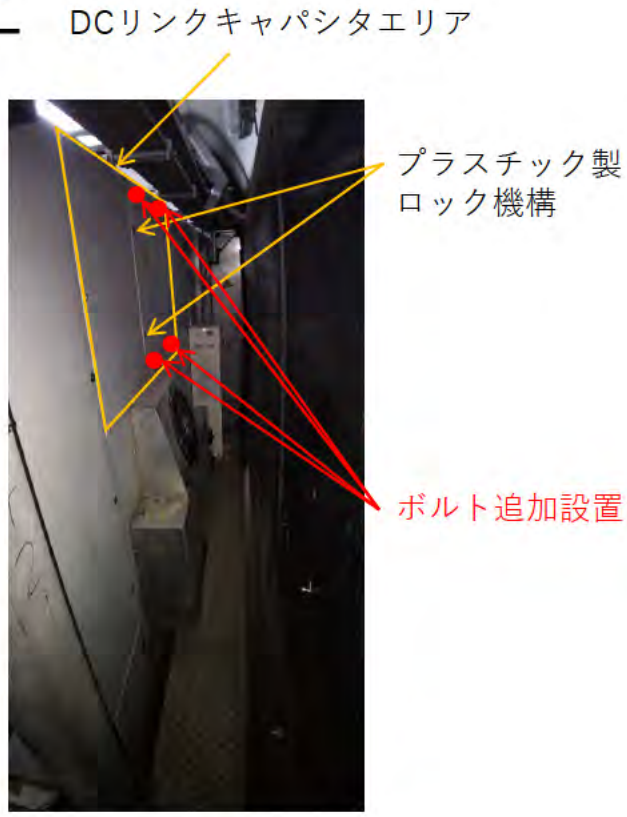
制御盤表側からチューブを通し
天井に這わせる

DCリンクキャパシタエリア

6．再発防止対策　―設備上の対策　出火対策

制御盤扉開放防止対策イメージ

制御盤表側

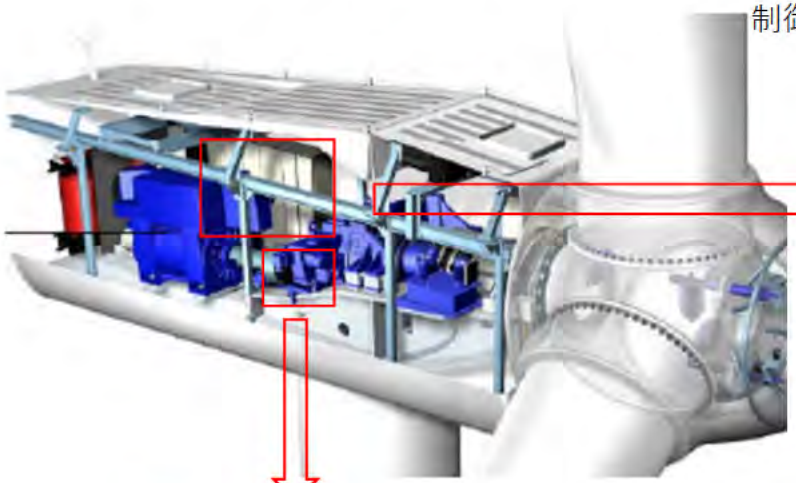


制御盤裏側

キャパシタエリアの制御盤扉の開放防止のため、ボルトを追加し
固定を強化する

6．再発防止対策　―設備上の対策　出火対策

ナセル内側への不燃シート設置



制御盤

制御盤裏

ナセル内壁（吸音材）

⇒制御盤近傍のナセル内壁全面に不燃シートを設置

高速軸ブレーキ

高速軸ブレーキ

ナセル内壁（吸音材）

⇒高速軸ブレーキ近傍のナセル内壁についても全面に不燃シートを設置

不燃シートイメージ

６．再発防止対策　―運用上の対策　出火対策

制御盤内キャパシタについて、電気的性能の確認を定期点検項目に追加

部品名	種類	点検項目	風車メーカー点検要領	当社西目WF点検要領	
				火災事故前	火災事故後
フィルターキャパシタ	フィルムコンデンサ	目視点検	無し	有り※1	有り
		静電容量等の電気性能の確認	無し	無し	有り※2
DCリンクキャパシタ	アルミ電解コンデンサ	目視点検	無し	有り※1	有り
		静電容量等の電気性能の確認	無し	無し	有り※2

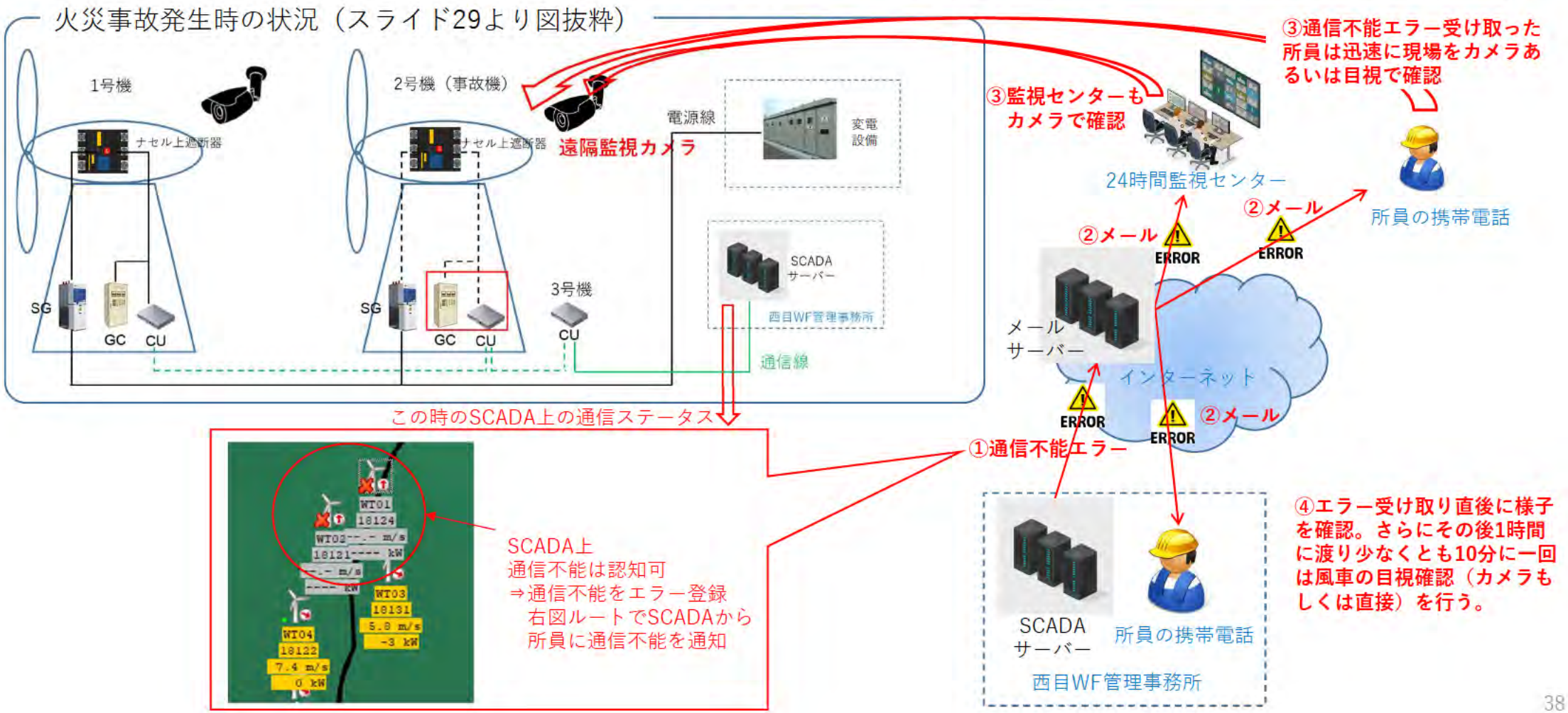
注　両キャパシタの用途は以下のとおりであり、定期安全管理検査の項目として指定されている“力率改善”と用途が異なる為、静電容量の測定はおこなって来なかった。
- フィルターキャパシタ　：高調波電流の系統への流出防止（フィルター機能）
- DCリンクキャパシタ　：電圧振幅の制御（逆変換器内DCバス）

※１ 目視点検については、メーカーマニュアルには記載がなかったものの過去事例（変形、変色など）より、定期点検の項目に追加し、実施していた。

※２ キャパシタ静電容量が規定値±20%を外れた場合には交換。
（通常運転条件下でのキャパシタ設計寿命は20年超のため、定期交換は実施しない）
ただし、当該判定方法においては作業の煩雑さを起因とした作業ミスも懸念される事から、規定値が示されているtanδや漏れ電流等の別の物理量測定による劣化判定の採用も継続検討する。

6．再発防止対策　–警報不動作対策

通信不能検知・発報機能と動作時の目視確認追加



6．再発防止対策　–スケジュール

対策項目	5月				6月		
	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目
自動消火設備の導入	☆発注			取付け施行（1基/日）		取付け施行（1基/日）	☆取付け完了
ナセル内側への不燃シート設置			☆発注	取付け施行（7基/日）	☆取付け完了		
通信不能検知機能の追加	☆発注		機能追加（4基/日）	☆機能追加完了			
事故原因・再発防止対策の報告				☆WG ☆保安監督部			
他号機風車運転再開					運転再開は6月上旬から6月中旬		

以上