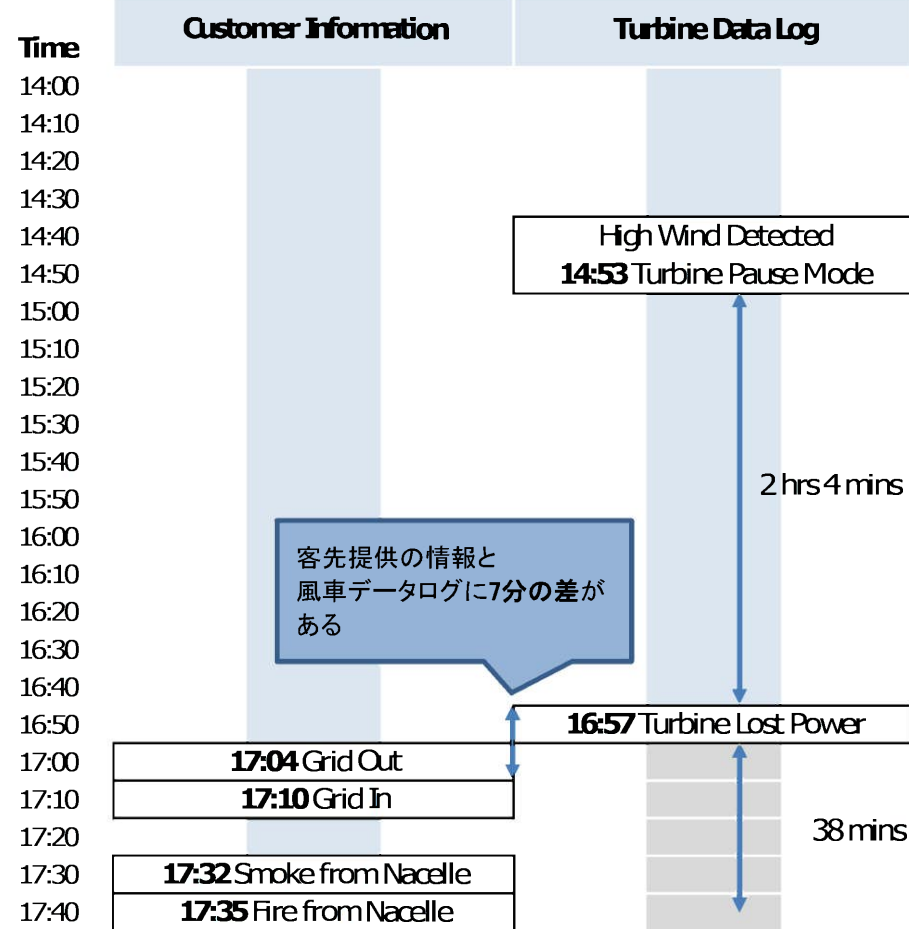
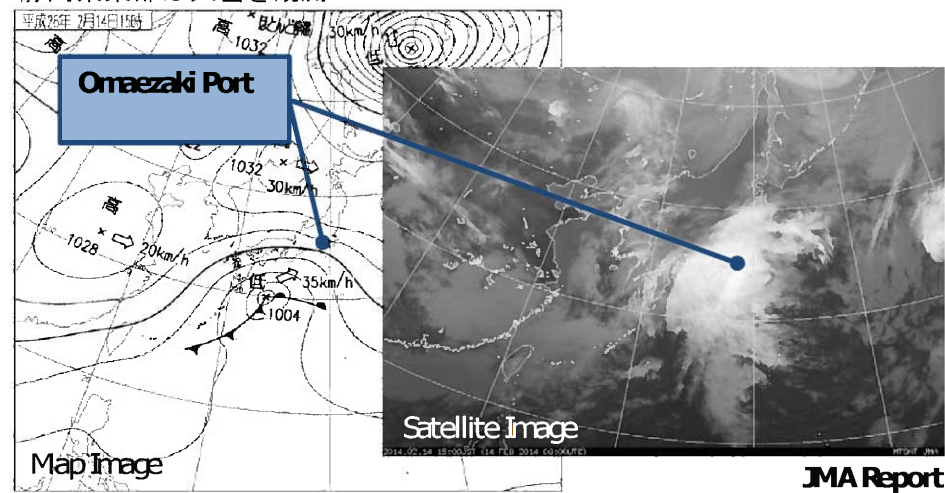


(1) EVENT TIMELINE

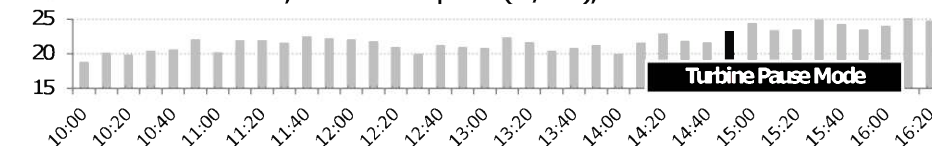


(2) WEATHER CONDITION

低気圧接近により強風が発生
静岡県東部は大雪を観測



Turbine Record 10-min, Ave. Wind Speed (m/sec), 10:00 to 16:20



(3) VESTAS INSPECTION, 2014 Sep 5th



ナセル床にキャパシタケースの溶けた跡
キャパシタが溶けた跡から灰は確認されず



3つのヒューズのうち2つが吹き飛ばされている



ブレーキシステムのフランジディスクに変色を確認

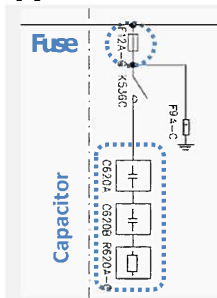


高電圧または低電圧側にアークが発生した形跡なし



スリップリングには熱損傷のみ確認

(4) SYSTEM OPERATION LOGICS



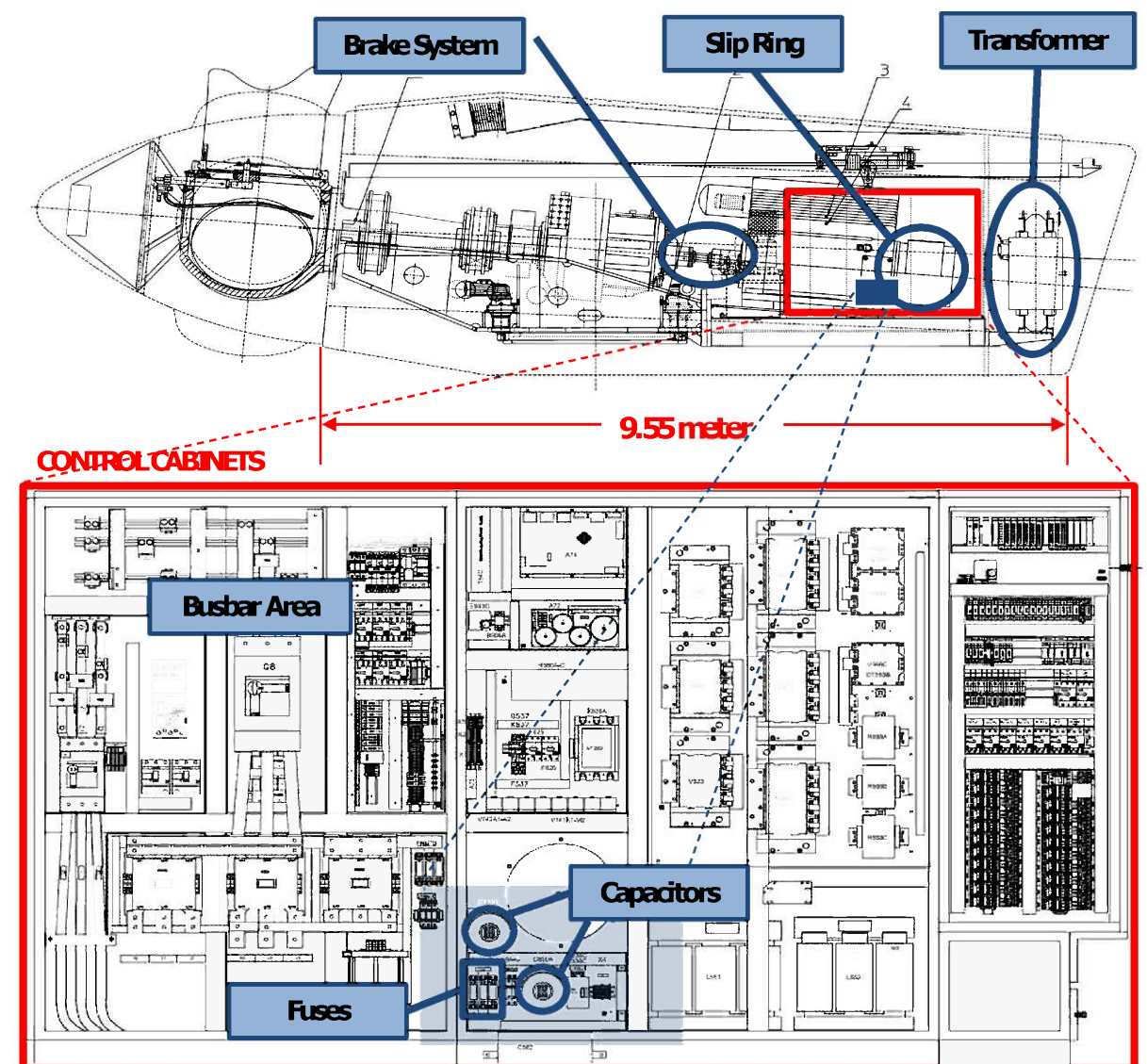
キャパシタとヒューズは、左図のように位置している。
風車が発電中、コンタクトは閉路しキャパシタに接続する。一方、風車が発電をやめると(例: 風が弱い場合、ポーズまたはサービスモード等)、コンタクトが開放されキャパシタへの接続が遮断される。

考察 -
ヒューズ(3つのうち2つ)とキャパシタ(2つのうち1つ)のダメージは、何らかの事象が発生したことを示している。この回路内の損傷は、稀にしか起きない事象である。損傷原因は不明。

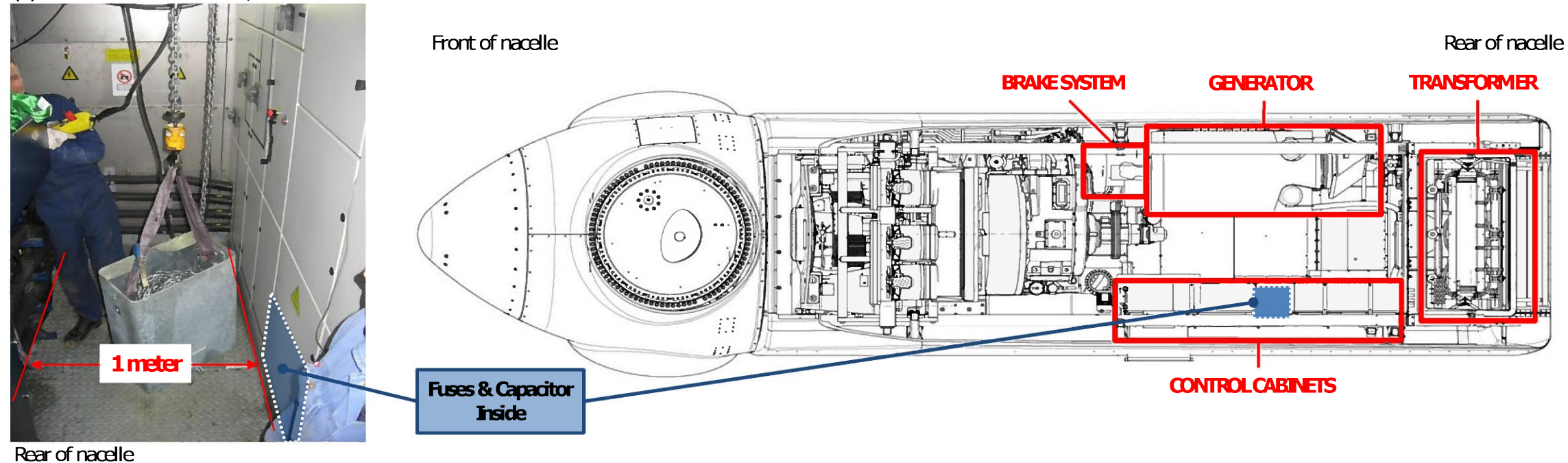
ブレーキシシステムは、緊急停止用押ボタンを押す、又はサービスモードの中でマニュアル操作することで作動する。仮にグリッドアウトが起きた場合、緊急停止用押ボタンが30分以内に手動で押されない限り、ブレーキはかからない。ブレーキがかかった場合、ブレーキ解除に最低で1時間を要する。

考察 -
ブレーキシシステムの変色は高温になっていたことを示す。火災によりブレーキシシステム用の油圧システムが損傷したことで、ブレーキシシステムが故障、ブレーキが作動した可能性がある。ブレーキ作動に強風によるローターの回転も加わり、温度が上昇し変色を起したと考えられる。

(5) V80 TURBINE - SIDE VIEW

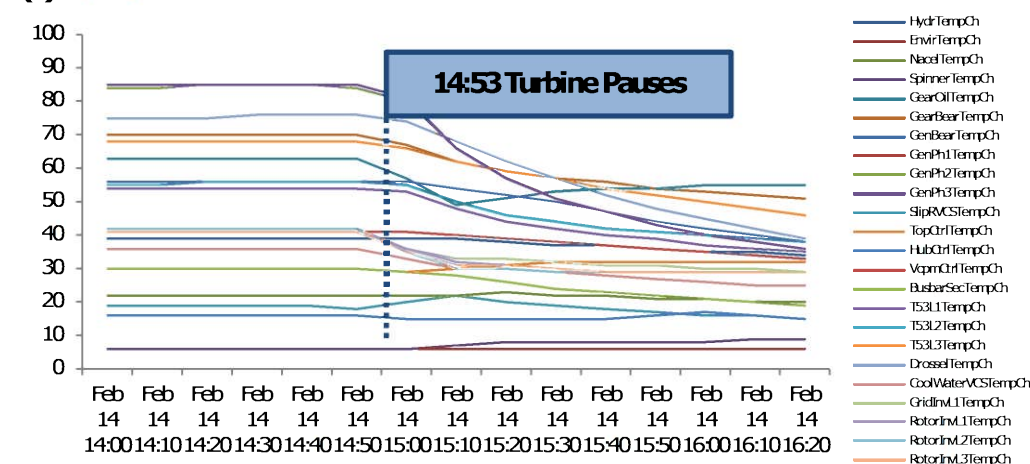


(5) V80 TURBINE - TOP VIEW, Cont...



上記写真(別作業時に撮影)は、コントロールキャビネットから発電機後方までの距離を例証している。発電機後方には絶縁電気ケーブルがあり、それぞれ約1メートルの長さになる。キャパシターが激しく爆発したと仮定すると、炎がこれらのケーブルに燃え移った可能性がある。

(6) TURBINE TEMPERATURE



事故発生日、風車は14時53分に停止、全システムの温度は60度以下に下がり始める。火災が起きた場合、それを示す何らかの動きが上記グラフに確認できるはずだが、16時20分まで全温度は60度以下である。

(7) CONCLUSION

本調査では事故の原因と一連の経緯を特定することはできない。

事故原因として最も可能性が高いのはキャパシタの破裂である。キャパシタが破損した原因は不明だが、頻発するグリッド不具合、構成部分の経年劣化、環境要因等が起因していると考えられる。

1つの可能性として、風車がまだ稼働している14時53分以前に、キャパシタが爆発がしたのではないかと推測できる。爆発によりキャパシタ内部構造物がキャビネットより吹き飛び、発電機後方のケーブル近くのナセル床に落ちたまま燃え続けたと考えられる。

3時間以上経った17時35分ごろ、床の小さな炎が大きく広がったと推測される。火災は油圧コントロールシステムの主要部品に損傷を与え、結果的にブレーキを作動させたと考えられる。当時、ブレードはフェザリングにより風を逃がし、ローターはアイドリング状態だったが、風速30メートルの強風が吹いていたため、ブレーキの引き摺りを起したと推測できる。引き摺りによって生じた高摩擦はブレーキユニットの温度を上昇させた。炎は最終的にナセルカバーに燃え移り、ナセル、ハブ、ブレードの損傷につながったと考えられる。

上記はあくまでも考えられうる可能性の1つである。事故の原因と一連の経緯を立証するは難しいため、ここで述べた仮説を結論づけず、その他の可能性についても留意する必要がある。



ヴェスタス A3 報告書追記事項

2015 年 7 月 23 日

ヴェスタスウインドテクノロジージャパン株式会社

- 事故要因に関するいくつかの仮説は A3 報告書記載内容以外にも想定されるものがあるものの、いずれも想定の外を脱するものではございません。その理由と致しまして；

残されたログには火災発生につながる異常事態が記録されていないことと、風車の電源が失われてからのログが残されていないためです。

- 従いまして、A3 報告書の内容につきましては残された事実及び、推定から成り立っております。

事実； ログ内容、使用されている写真、各温度の情報、天気図など

推定； “考察”の内容

*“ CONCLUSION” については事実に基づく推定となります。

再発防止策

- キャパシタの健全性確認の項目を定期点検項目に含めました。

キャパシタの機械的、電氣的健全性を確認するために以下の手順での点検項目が弊社の点検要綱に追加されました。(年次点検、4 年毎)

オリジナル(英文)

Procedure
Lockout-tagout start
To do a check of the cable connections at the contactors
To do a check of the torque of capacitor connections
To do a visual check of the capacitors
To do a visual check of the cables at the fuses
To do a check of the connection between thermistors and capacitors..
To measure the capacitance of the capacitors
Lockout-tagout end

チェック行程(和訳)

- ロックアウトタグアウトを行う
- コンタクターとのケーブル接続部のチェック
- キャパシタ接続部のトルクチェック
- キャパシタの目視点検
- ヒューズのケーブルの目視点検
- サーミスタとキャパシター間接続のチェック
- キャパシタのキャパシタンスチェック
- ロックアウトタグアウト終了

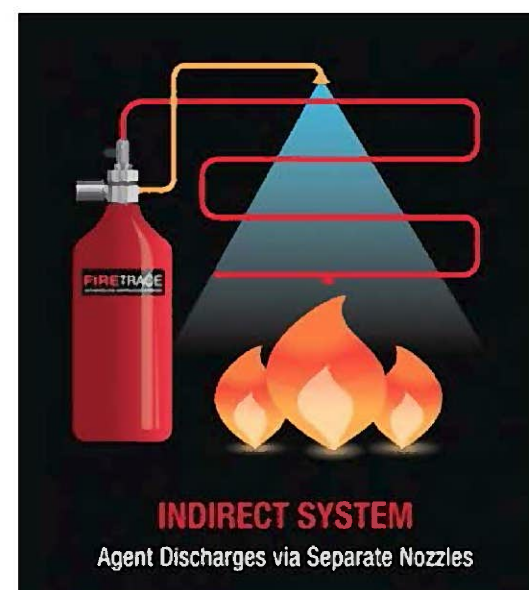


- 万が一の火災に対しては FIRETRACE をご提案できるようになりました。

FIRETRACE（ファイヤートレース）；高热、炎により破裂するチューブを該当箇所に這わせ、消火剤を噴霧し、沈下させるシステムです。



直接放出システム



間接放出システム

このシステムは新規の風車だけでなく既存の風車にも導入可能です。

以上

2014年 2月 14日 御前崎港 風力発電設備の火災事故の原因に関する 追加報告書

前回の指摘事項

1. Capacitor を劣化させる要因として考えられるメカニズムを定量的に説明すること。
2. V80 及び類似の機種で火災を起こしたキャパシタの破裂事故例を記すこと。
3. Capacitor の点検要領における接続部のトルク管理と交換判断基準をしるすこと。
4. メンテナンスマニュアルが 2014 年御前崎の火災事故以降に改定されたことを明記すること。

1. Capacitor を劣化させる要因として考えられるメカニズムを定量的に説明すること

Capacitor はメーカーが推奨する使用期間（8 0 0 0 0 時間）以上の長期間の使用もしくは、誘導体に電氣的あるいは熱的ストレスが長期間または短時間でも許容値以上に加わることで電気絶縁性を回復しない状態、すなわち絶縁破壊(パンク)を引き起こす。

これによって破壊されたコンデンサ素子が短絡状態となり、これに直列接続された素子も連鎖反応的に短絡し、その結果、回路に流れる電気は段階的に増加し、ついには完全短絡となって、非常に大きな短絡電流が流れる。

この時のエネルギーで誘導体(絶縁体)を炭化させるほか、絶縁油などが分解 ガス化して内圧が上昇し、コンデンサケースが破裂することによって空気に触れて燃え上がることが考えられる。

V80 の Capacitor の誘導体に電氣的あるいは熱的ストレスが長期間または短時間でも許容値以上に加わることを助長する要因として次のようなことが考えられる。

1. 鉄粉、塵埃が多い（錆びつきやすく、端子部が接触不良を起こす）
2. 塩害（錆びつきやすく、端子部が接触不良を起こす）
3. 振動（電線接続ねじの緩みを誘発）
4. 高温多湿（錆びつきやすく、端子部が接触不良を起こす）

2. Vestas 社製、特に V80 及び類似の機種で火災を起こしたキャパシタの破裂事故例を記す。

弊社の事故報告システムに登録されている事故報告書データベースからの検索で、Capacitor 由来の重篤事故は御前崎案件以外に下記の 4 件が登録されている。このデータベースは 2011 年に構築されたため、それ以前に発生した Capacitor 由来の火災に関する報告は検索不能。以下 4 件の事故概要を示す。

no	Accident Date	WTG type	Commissioning date	Country name	Accident/ 事故内容
1	2011.11.26	V66-1.65 RCC	2001.2.1	デンマーク	火災による全損
	Presumptive root cause/推定原因	ナセル内コントロールキャビネット内のバスバー（銅）とキャパシターの外装部分（アルミニウム）の溶け合った部材がフィルターキャパシター付近で発見されたことから、もっとも高温で焼けた部分はこの部分であると特定、キャパシターの破裂がこの状況を生み出す最も高い可能性があると推論している。			

2	2012.12.17	V52-850kw MK3	2005.11.30	アイルランド	フィルターキャパシター爆発によるコントロールキャビネット全損
	Presumptive root cause/推定原因	高い確率で 破裂した Capacitor 内部の Overpressure disconnection system の不良による事故であると推論。同機種における破損事故はこれ以前、以後ともに登録されていない。この事故によってコントロールキャビネットが大きく焼損したが、コントロールキャビネット内のみでの焼損にとどまった。キャビネット交換後同様の事故は発生していない。			
3	2013.11.21	V80-1.8MW MK3	2005.12.28	米国	定格運転中に火災による全損
	Presumptive root cause/推定原因	全焼損したナセルの検討で破裂したキャパシターの外郭が発見さる。キャパシターが破損しても風車は運転を続けたが、破裂したキャパシターの内容物が活線を破損させそこから火災が発生し、定格運転直後のためキャビネットを冷却するための換気扇が継続的に運転を続け、電源喪失まで常に新鮮な空気を補充していたことから大火に至ったと推論。			
4	2015.06.09	V80-2.0MW MK2	2003. 12.11	オーストラリア	フィルターキャパシター爆発によるコントロールキャビネット一部焼損
	Presumptive root cause/推定原因	当該ファームの風車をメンテナンスしている最中に 停止した別の風車に気付いた技術員がすぐさま点検に向かい、火災を発見した。ただちに消火し、一部焼損に留めた。火元は破裂したキャパシター付近のケーブルであった。キャパシター破裂の原因をキャパシター本体のプロダクションエラーとして結論。			

3. Capacitor の点検要領における接続部のトルク管理と交換判断基準を記す。

風力発電機内作業時及び定期点検時にフィルターキャビネット付近に緩み、異臭等の異常を発見した場合、点検要領書 0046-8392 Inspection of filter capacitor に沿って以下の手順で点検を実施する。

①ロックアウトタグアウト（LOTO）（風車の安全停止、及び必要部位の電源遮断、絶縁の手法、保護具の装着、作業中札の管理手法を謳うもの）風力発電機の高電圧部位付近での作業を開始するための事故防止施策の実施。

②フィルターキャビネット内にあるコンタクターのケーブル接続状態の確認。13-1 参照

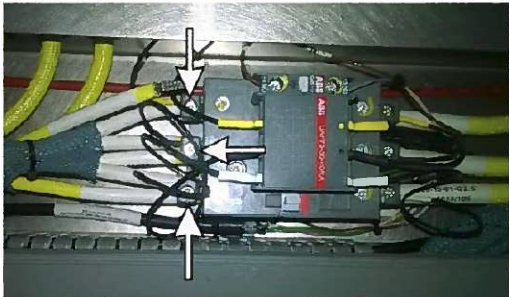


Figure 13-1: Location of the cable connections

- ・ 臭い、絶縁ラベルの異常などオーバーヒートの兆候を示している部位がないか目視点検の実施
- ・ オーバーヒートが確認された場合（13-2 参照）、その影響部位すべての交換を実施



Figure 13-2: Example of overheated connections

- ・ コンタクターにつながるケーブル金具のはみ出しは最大で 2mm までとする。（13-3、-4 参照）



Figure 13-3: A maximum of 2 mm of the ferrule must be visible (in this photo more than 2 mm is visible!)



Figure 13-4: Examine the underside of the connections with a dentist mirror



Figure 13-5: Screws in the primary terminals

- ケーブルをターミナルから外す方向にマニュアルで引っ張るプルテストを行う。
- プルテストで金具から外れた場合は、新しい金具に装着しなおす。その際のねじの締め付けトルクは **4Nm** とする。
- ターミナル付近に異常が見つからない場合もすべてのねじ（**13-5** 参照）が締まっていることを **4Nm** のトルクで確認する。

③ Capacitor のコネクション確認

- 臭い、絶縁ラベルの異常などオーバーヒートの兆候を示している部位がないか目視点検の実施
- オーバーヒートが確認された場合（**13-6** 参照）、その影響部位すべての交換を実施



Figure 13-6: Overheated connections

- ケーブルをターミナルから外す方向にマニュアルで引っ張るプルテストを行う
- キャパシタのターミナル部のねじの締め付けトルクは **2Nm**。点検後マーキングしておくこと。
- 外観点検は下記の資料（**13-9**）を参照すること。**Class1-5** まですべて交換対象である。

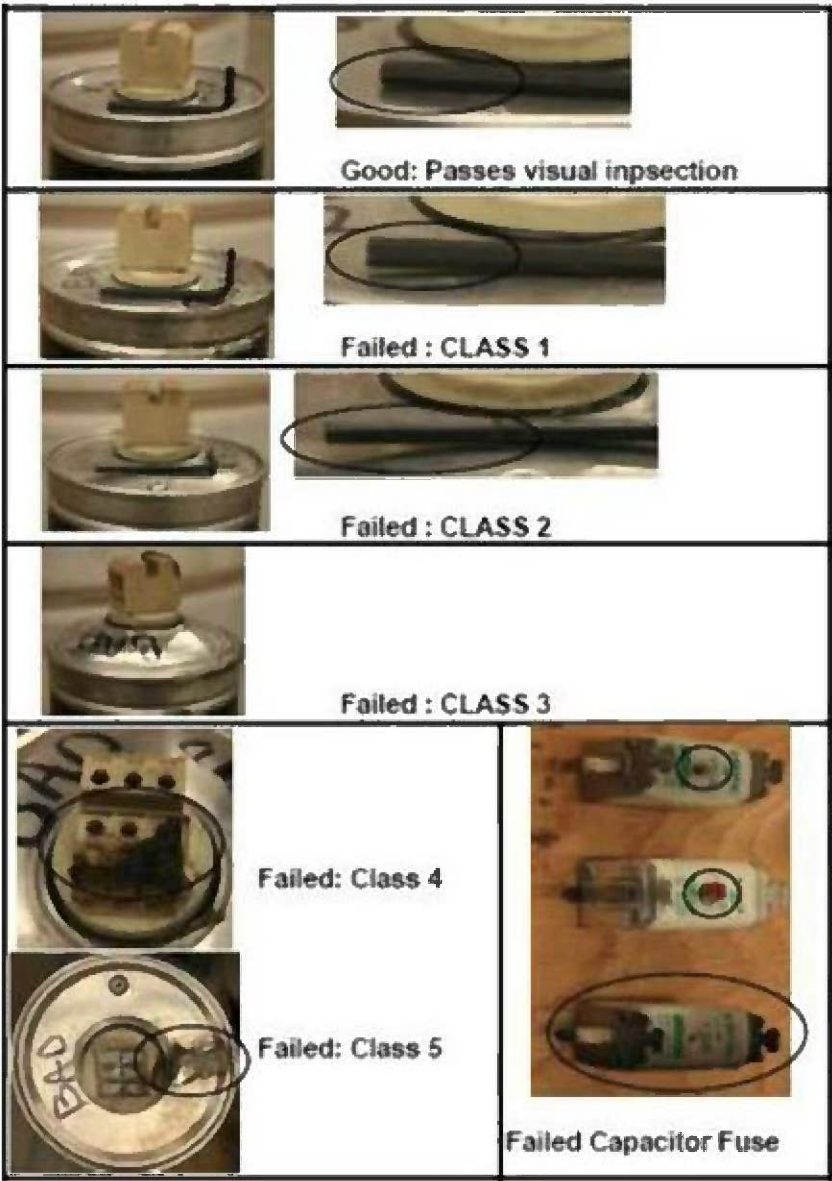


Figure 13-9: Examples of defective capacitors

④ Fuse まわりの点検

- 臭い、絶縁ラベルの異常などオーバーヒートの兆候を示している部位がないか目視点検の実施
- オーバーヒートが確認された場合（**13-10** 参照）、その影響部位すべての交換を実施

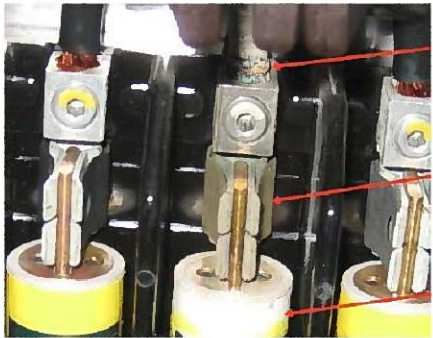


Figure 13-10: Example of overheated connections

- ケーブルをターミナルから外す方向にマニュアルで引っ張るプルテストを行う
- プルテストで金具から外れた場合は、新しい金具に装着しなおす。その際のねじの締め付けトルクは **4Nm** とする。

⑤キャパシタンスの測定

- 下記の表に則ってすべての Capacitor のキャパシタンスを計測する

Turbine type	Mk version	Brand	Size [kVAr]	Number of caps	Capacitance between two terminals	Tolerance +/- [μF]
V52-850 kW	NA	EPCOS	12.5	2	83.7	4.2
V60-850 kW	NA	EPCOS	12.5	2	83.7	4.2
V66-1.75 MW	All	EPCOS	25	2	167.1	8.4
V66-2.0 MW	All	EPCOS	25	2	167.1	8.4
V80-2.0 MW	0-6	EPCOS	25	2	167.1	8.4
V80-2.0 MW	7->	Vishay	25	3	251.1	12.6
V90-1.8 MW	0-6	EPCOS	25	2	167.1	8.4
V90-1.8/2.0 MW	7->	Vishay	25	3	251.1	12.6
V100-1.8/2.0 MW	7->	Vishay	25	3	251.1	12.6
V110-2.0 MW	7->	Vishay	25	3	251.1	12.6
V80/V90-2.0 MW	8	Vishay	23.5	4	150.0	7.5
V80/V90-2.0 MW	9	Vishay	23.5	4	150.0	7.5
V90-3.0 MW	3-7	EPCOS	28	2	462.0	23.1
V90-3.0 MW	8	EPCOS	28	2	462.0	23.1
V90-3.0 MW	9	Vishay	28	2	115.5	5.8
V90-3.0 MW	9	Vishay	28+10	3	346.4	17.3
V112-3.0 MW	0-1	Vishay	23.5	4	150.0	7.5
V112/117/126-3.3 MW	2	Vishay	23.5	4	150.0	7.5

Table 13-1: Capacitor capacitance values

- 許容値より外れたものは交換すること

以上が 0046-8392 Inspection of filter capacitor に記載されている点検要領の概略である。

4. メンテナンスマニュアルが 2014 年御前崎の火災事故以降に改定されたことを明記すること。

定期点検マニュアルは各号機とも 2015 年の 5 月以降、キャパシターの点検項目を加えた。

キャパシターの点検要領書 0046-8392 Inspection of filter capacitor は 2015 年 1 月に有効となった。

御前崎の事故当時（2014 年 2 月 14 日）には定期点検マニュアルには具体的な判断基準が記載されていなかった。

結論

本レポートは今回の火災事故の原因を 100%フィルターキャパシターにあると結論付けたものではない。

しかしながら、海外でのキャパシター由来として結論付けられた事故と状況の類似性が多く、高い可能性でキャパシター由来であると思われる。キャパシターを破裂させる要因に至った根本原因は現時点でも結論付けることはできないが、各風車タイプの新しい定期点検マニュアルと、0046-8392 Inspection of filter capacitor を周知活用させることで、キャパシター由来の事故を防ぐことが可能であるとする。

2016 年 1 月 8 日

Vestas Wind Technology Japan Co. Ltd.