

ウインドパーク笠取発電所

CK-19号発電機 ナセル脱落事故について

平成25年11月26日

株式会社シーテック

1. 事故時の気象状況

4月6日より発達した低気圧に見舞われ、ウインドパーク笠取においては、4月7日未明より風速20m/秒を超える風が吹いていた。

CK-19においては16時27分に最大瞬間風速42.0m/秒、事故によるデータ消失直前の平均風速は27.9m/秒を記録。

2. 事故の状況

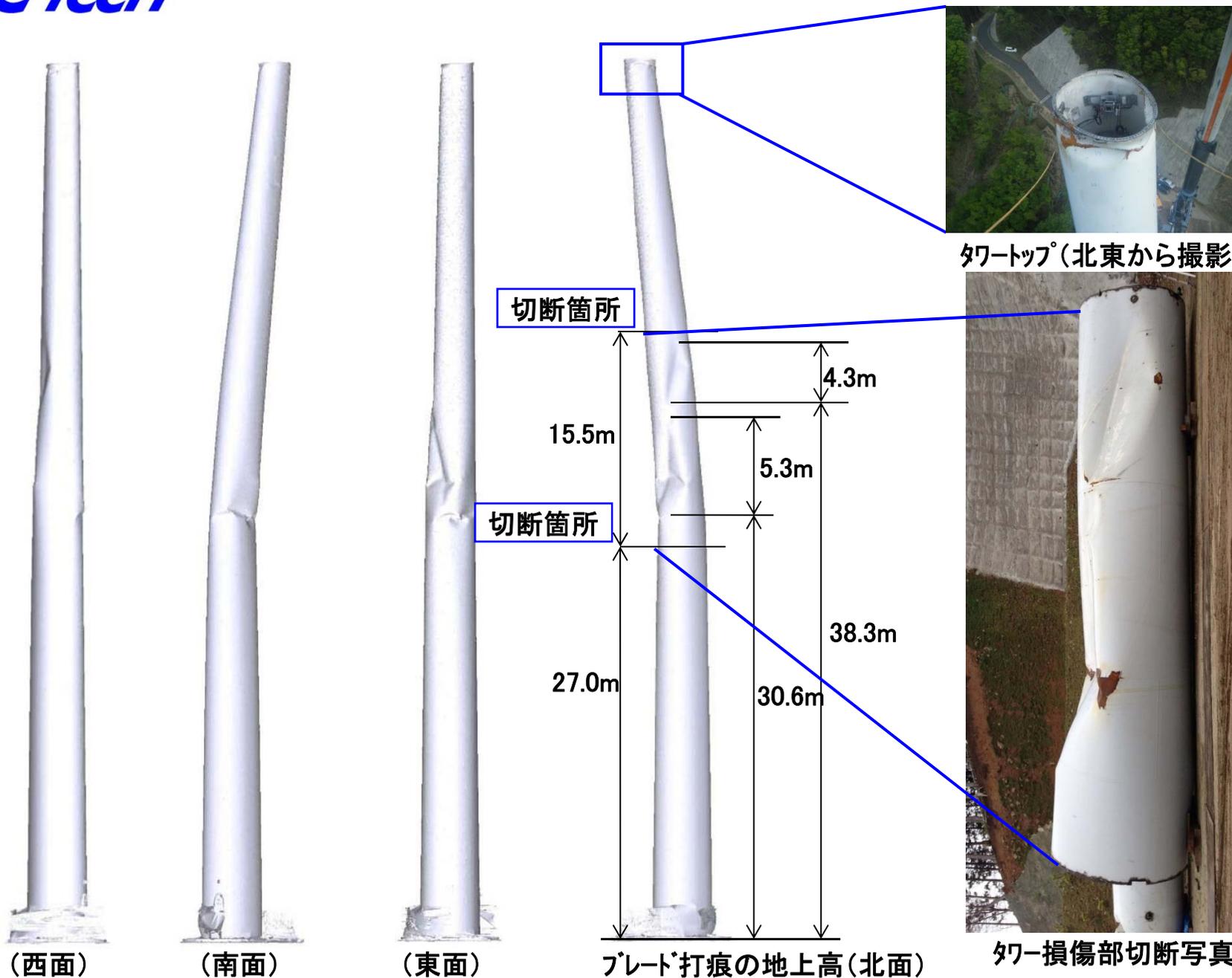
- ・発電機・ナセル・ブレードがタワーから脱落。
(ナセルとタワーを接続するボルト108本が破断)
- ・タワー(高さ65m)は中央付近で約5度程度屈曲。
- ・ブレードは3枚全てが原形を留めておらず、一部はタワーに巻きついた状況。



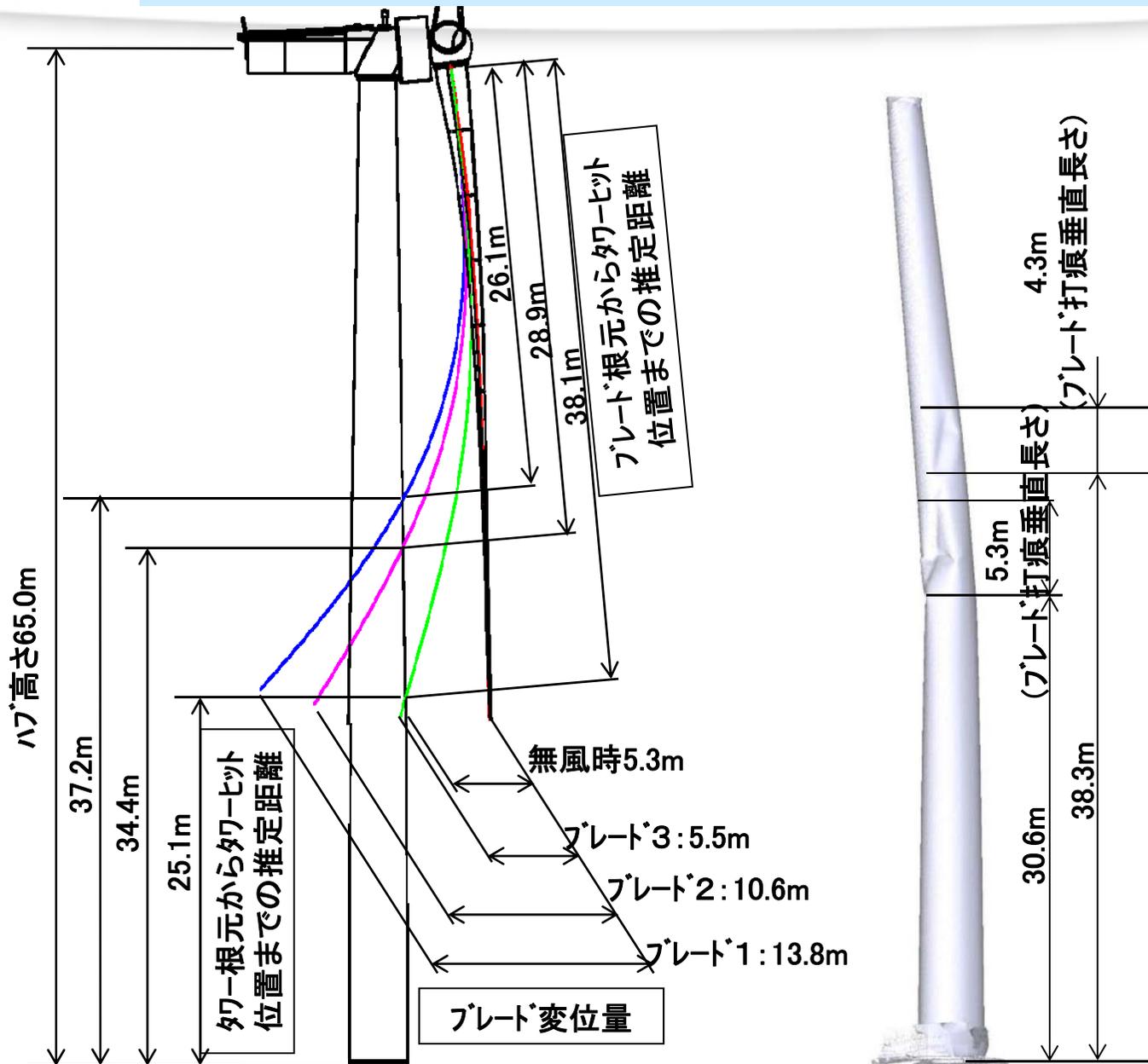
- 12時28分 電気系の故障により停止、ブレードはフェザリング状態。
(事故との因果関係なし)
- 15時15分 瞬間風速30m/秒を超える。
(風車はフェザリング状態※を維持)
※フェザリング状態:ブレードが風を受け流す安定した状態
- 15時56分 瞬間風速40m/秒を超え、風車はストームモード※に移行。
(風車はフェザリング状態のまま、ブレードを風下に旋回)
※ストームモード:ブレードを風下に旋回させ、風車を安定させる状態
- 16時1分~7分 3枚のブレードのピッチ角が変化し、フェザリング状態を維持できなくなる。風車が回転し始める。
- 16時37分 3枚のブレードが風を受ける位置に変化。回転数が急上昇、定格回転数の約3倍の57.78rpmに至る。
多数の異常警報後、記録が途絶える。

- ① ピッチモータブレーキを構成するスプラインが不適切な材質で製造されたため、スプラインの異常摩耗が発生し、3枚のブレードともピッチ角を保持するブレーキ力が規定値の5分の1以下に低下。これにより、フェザリング状態を保持できなくなり、3枚のブレードが同時に風を受ける位置になり、ロータの過回転が発生した。
- ② ロータの過回転により大きく変形したブレードがタワーに接触し、ナセルとタワーを結合するボルトに設計荷重を超えるせん断応力及び引張応力が作用したことにより、ボルトが破断し、ナセルが脱落。ナセル脱落は金属疲労が事故の原因ではない。
- ③ 過回転が発生した場合に風車を停止するための機能として安全回路(セーフティチェーン)が設けられていたが、ピッチモータブレーキに異常がある場合は機能できず、過回転防止機能として不十分であった。

- ① 風応答解析の結果、ブレーキ保持力がある程度残存している場合、3枚のブレードがある一定のピッチ角に揃うことを確認した。
また、3枚のブレードのピッチ角を事故発生時の角度に設定した場合にはロータが過回転になることを確認した。
- ② ブレードピッチ角を事故発生時の角度に設定しシミュレーションした結果、ロータの過回転とともにブレードはタワーに接近、接触する可能性があることを確認した。
また、ブレードがタワーに接触する位置を解析により求め、その結果が実測とほぼ一致することを確認した。
解析結果と一致しないタワー損傷部位は、ナセルが落下する過程でブレードが回転しながらタワーに衝突した痕跡と考察した。



過回転時におけるブレード変位量と タワーヒット位置の推定と計測結果の比較



根本原因	対 策	実施時期
<p>1. ピッチモータブレーキを構成するスプラインが不適切な材質で製造され、異常摩耗が発生した。</p>	<p><u>1-1. スプラインの材質をアルミ合金より耐摩耗性能が優れるステンレスに変更</u> <u>(CK-11~18号機に適用)</u> (材質変更にあたっては100万回繰り返し評価試験により、耐摩耗性能はアルミ合金製に比べ約7倍に向上することを確認した。)</p>	<p>4/27までに実施</p>
	<p><u>1-2. 点検周期の見直しとマニュアルの修正</u> <u>(CK-1~18号機に適用)</u></p> <p>①ピッチモータブレーキの点検周期を1回/3年から1回/6ヶ月に見直す。 ②ブレーキギャップのギャップ量が規定値内であることを確認する。</p>	<p>5月末までに実施</p>

スプラインの材質をアルミ合金から耐摩耗性に優れるステンレスに変更

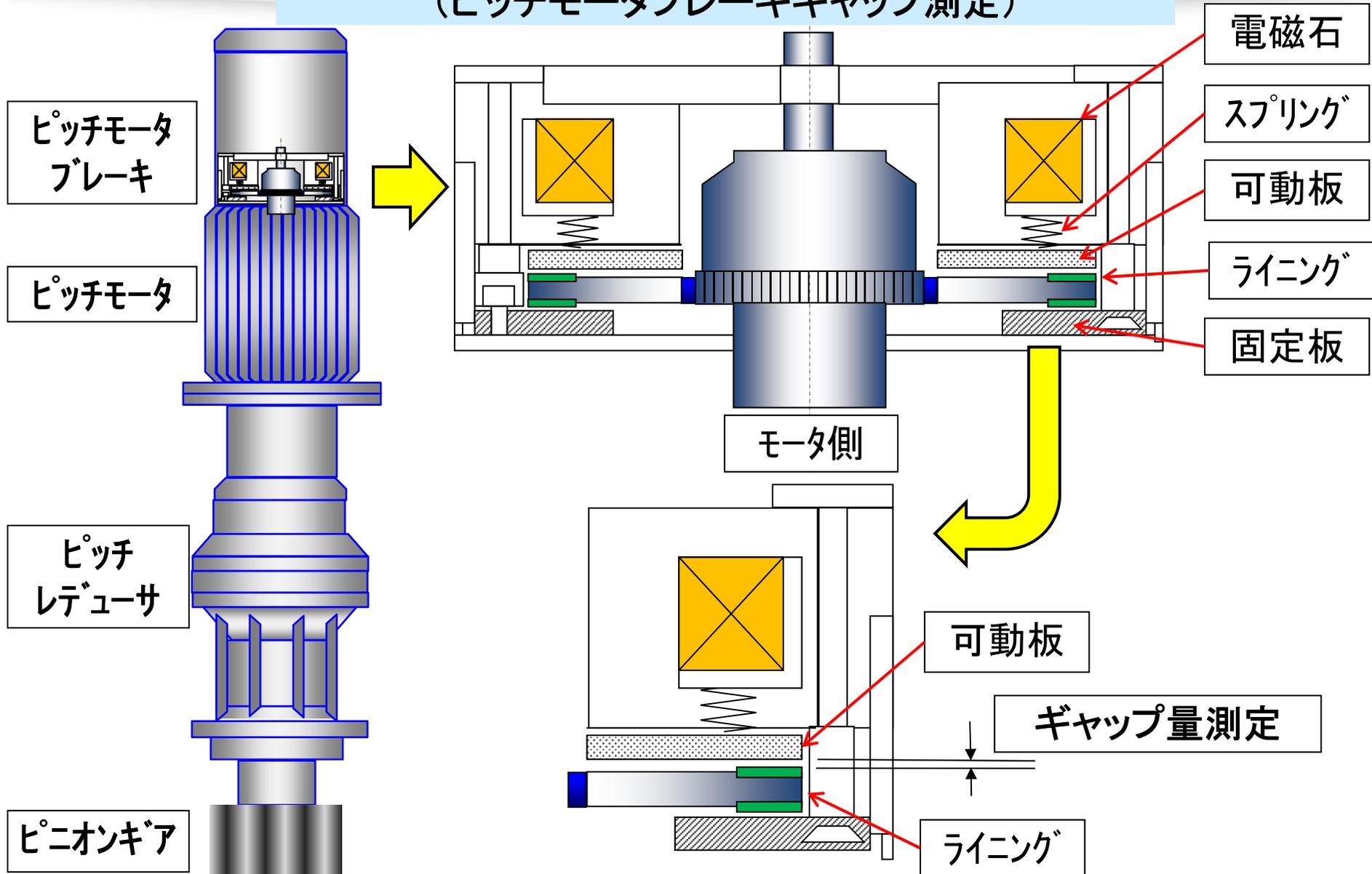
アルミ合金製スプライン



ステンレス製スプライン

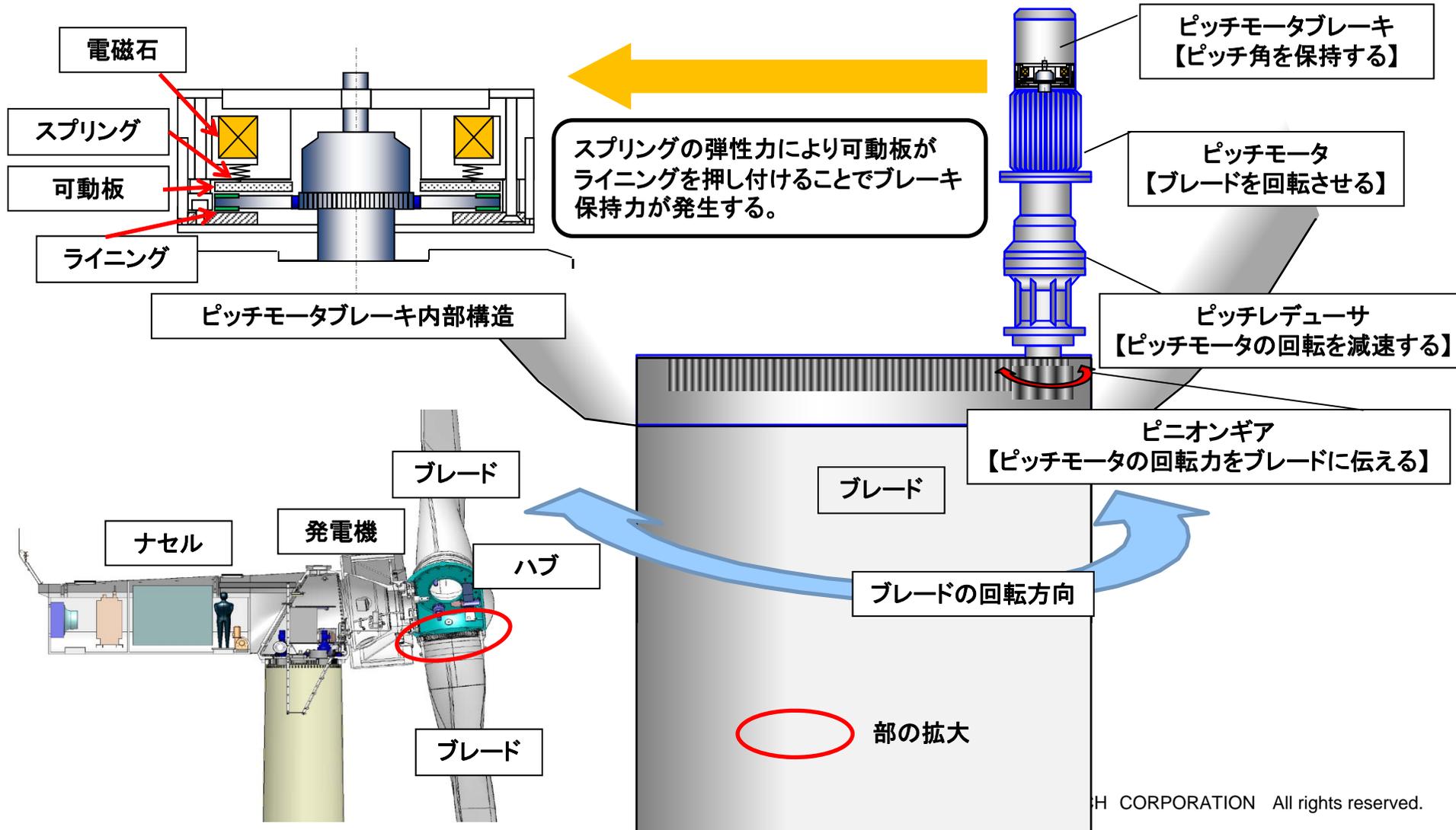


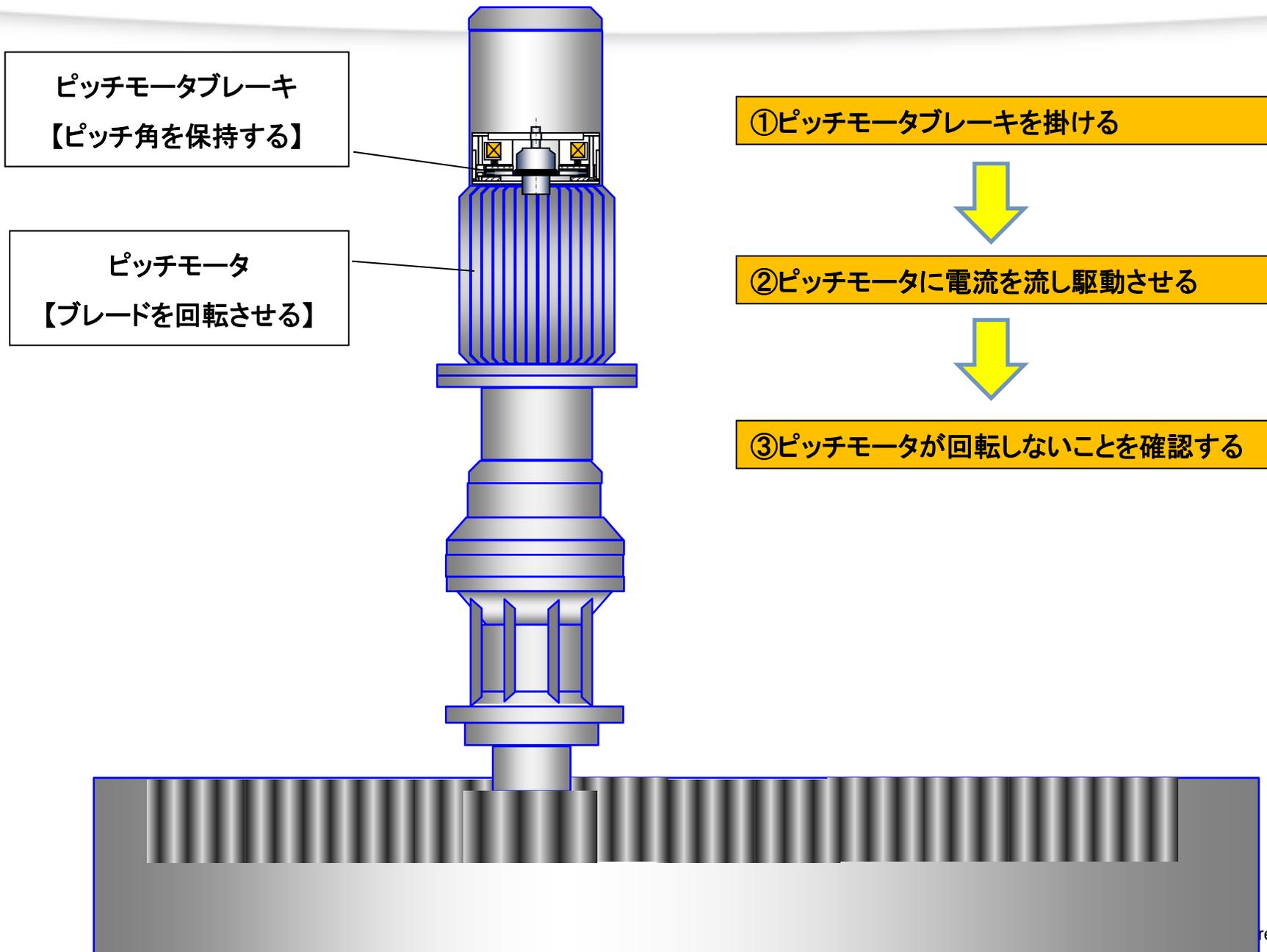
再発防止対策1-2
 点検周期の見直しとマニュアルの修正
 (ピッチモータブレーキギャップ測定)

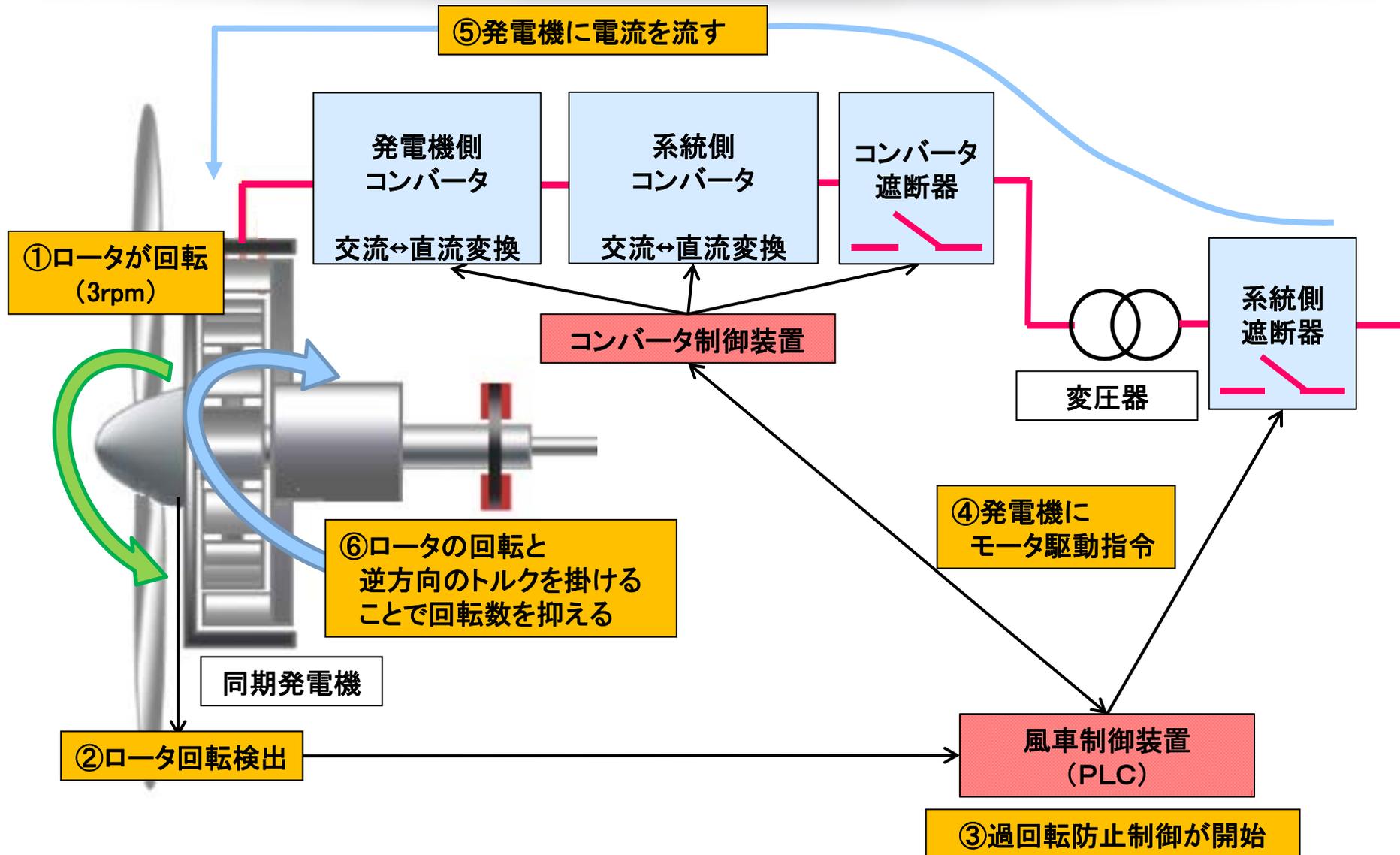


根本原因	対 策	実施時期
<p>2. ピッチモータブレーキの保持力低下を事前に検出する機能はなかった。</p>	<p>2. <u>ピッチモータのブレーキ保持力のチェック機能を追加(CK-1~18号機に適用)</u></p> <p>ピッチモータブレーキ保持力が正常であることを確認するため、自動的にブレード1枚ごとにモータに所定のトルクを掛け、モータが動かないことを確認する。</p> <p>また、低気圧通過前等あらかじめ強風が予想されるときには、適宜手動にて実施し、ブレーキ保持力が正常であることを確認。</p>	<p>6月末までに導入</p>
<p>3. 過回転発生時の風車停止機能として安全回路(セーフティチェーン)が設けられていたが、ピッチモータブレーキに異常がある場合は機能できず、過回転防止機能として不十分であった。</p>	<p>3. <u>回転数制御によるロータ過回転防止機能追加(CK-1~18号機に適用)</u></p> <p>風車がフェザリング状態で待機しているにもかかわらず、ロータ回転数が許容回転数(3rpm)を超えた場合、コンバータ制御により発電機をモータ駆動させ、ロータ回転数を抑えるように自動制御する。</p>	<p>6月末までに導入</p>

フェザリング状態でピッチモータブレーキを動作させた(=ブレードが動かない)状態でピッチモータを強制的に駆動させ、モータが回らない(=ピッチ角が変化しない)ことを確認する。モータが回った場合はブレーキの異常と判断する。低風速時に1軸毎、自動的に実施。強風予想前および通過後にも手動で実施。







①対策1-1 スプラインの材質を耐摩耗性能が優れるステンレスに変更

4月27日までに全てのアルミ製スプラインをステンレス製に変更。摩耗性検証のためCK-13 3軸のスプラインを10月15日に取外し、調査を行った結果、摩耗は確認されず良好であった。

②対策1-2 点検周期の見直しと定期点検マニュアルの修正

5月31日までに点検周期およびマニュアルの修正を実施。修正したマニュアルに基づく定期点検を10月中旬から実施。

③対策2 ピッチモータのブレーキ保持力のチェック機能を追加

6月末までにピッチモータブレーキ保持力を定期的にチェックするためのプログラムを導入完了。1回/週の頻度および台風前後に実施。

④対策3 回転数制御によるロータ過回転防止機能追加

6月末までにロータ過回転防止機能プログラムの導入を完了。現時点で本機能が起動した実績なし。(風車がフェザリング状態で待機中に回転数3rpmを超えた事象なし)