

太鼓山風力発電所、ウインドパーク笠取風力
発電所、苫前グリーンヒルウインドパーク事
故を踏まえた今後の再発防止対策等につい
て（中間報告書）

平成25年12月

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会
風力発電設備構造強度ワーキンググループ

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会
風力発電設備構造強度ワーキンググループ
委員名簿

(敬称略・五十音順)

(座長)

すぐろ ゆきお
勝呂 幸男 一般社団法人日本風力エネルギー学会会長

(委員)

あおき まさし
青木 雅 一般財団法人日本建築センター評定部構造課長

いしはら たけし
石原 孟 東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻教授

おくだ やすお
奥田 泰雄 国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター建築災害
対策研究官

さかもと のぼる
坂本 登 電源開発株式会社環境エネルギー事業部風力事業室長代理

わかお しんじ
若尾 真治 早稲田大学理工学術院教授

I. はじめに

平成25年3月13日に発生した太鼓山風力発電所における風車落下事故、同年4月7日に発生したウインドパーク笠取風力発電所における風車落下事故及び同年9月5日に発生した苫前グリーンヒルウインドパークにおける風車落下事故については、各発電所の事業者において、学識経験者等の参画による事故調査委員会での詳細な調査を経て、原因究明及び再発防止対策をとりまとめ、国に報告されている。国は、こうした事業者における事故調査の状況について、適時確認・指導するとともに、公共の安全の確保の観点から、保安点検の要請を含め、他の事業者に対する同種の事故発生の予防措置の対応について適時取り組んできたところである。

今般の3件の事故については、その原因にもよるが、事故が発生した発電用風力設備と同じ製造事業者のものだけでなく、他の製造事業者のものを使用している事業者にもかかわる事象であると考えられる。このため、風力発電業界において、同種の事故の発生を予防すべく、今般の事故調査の内容を十分踏まえた一層の安全確保に向けた、実効性を有する自主的な取組の策定が検討されており、こうした風力発電業界における自主的かつ具体的な取組の策定及び実施が強く期待される。国においても、事業者における自主的な取組状況を確認するとともに、必要な対策を講じることが必要である。

II. 各風車落下事故について

1. 太鼓山風力発電所での風車落下事故

平成25年11月26日付けで京都府から、中部近畿産業保安監督部宛て電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告書（(注) 究極的な事故原因の解明については未だなされていない。）が提出された。同報告書における原因究明及び再発防止対策は、以下のとおり。

(1) 事故原因

(京都府事故調査報告書から風車が落下した3号機の原因に係る部分を抜粋)

4. 事故原因のまとめ

タワー破断面調査、タワートップボルトの調査、風の評価、構造解析、風応答解析から、事故原因は以下のとおり。

(1) タワートップフランジの溶接止端部近傍の内面で疲労き裂が発生し、疲労破断から延性破断に変化して円周方向に進展し、最終的に全周破断に至り、ナセルが落下した。またタワートップボルトの調査により、多数のボルトの折損状態であったことが確認された。

(2) 風の評価、構造解析及び疲労寿命評価の結果から、タワートップボルト17本折損時にはタワ

一溶接部にボルト正常時の約3.2倍（スラスト50kNの場合）の引張応力が作用し、約3.0か月で疲労損傷に至る結果を得た。ボルト折損時の疲労寿命は、ボルト破損の期間とほぼ一致したことから、当該事故風車のタワーの損傷はボルトの折損により引き起こされたことと推定された。

（2）事業者における再発防止対策

（京都府事故調査報告書から再発防止対策に係る部分を抜粋）

5. 再発防止策

今回の事故原因の解明結果より、多数のタワートップボルトの折損が、今回の事故の原因であることから、ボルトのき裂を早期に検知すること及びボルトの維持管理に重点を置いた再発防止対策を下記のとおり策定した。

（1）点検方法等の見直し

（項目）ボルトき裂の早期発見

（問題点）現状のマニュアル及び定期点検で実施しているタワートップボルト全数の10%（6本）のトルク確認及び全数の合いマークによる目視確認では、ボルトの緩みを発見するものであり、き裂を発見することはできないことが判明した。

また、き裂発見時の交換に当たっても施工手順等のマニュアルはなく対策が不十分であった。

（対策）超音波探傷試験が有効かつ確実であることから、ボルトの健全性を確認するため、超音波探傷試験を点検項目に追加する。現状の定期点検（年2回）に追加して実施することとし、超音波探傷試験での確認方法は、図に示す（略）。なお、運転再開後は、3ヶ月を目途に実施し安全を確認する。

（2）維持管理及びボルト交換時のマニュアルの整備

（項目）超音波探傷試験によるき裂の早期発見

（問題点）目視確認及びトルクチェックだけでは、ボルトの緩みを検知することはできても、早期のき裂を検知することができない。

（対策）定期検査に超音波探傷試験を追加して実施する。実施に当たっては確実かつ適切に実施するためマニュアル整備を行う。

（項目）き裂発見時の対応

（問題点）ボルトの取替が想定されていなかったため、取替時の施工要領等がない。

（対策）タワートップボルトのき裂又は弛みを発見した場合は、早期に運転を停止しボルト取替を実施する。ボルト取替に当たっては適切にトルク管理を実施するための点検要領を整備する。

2. ウインドパーク笠取風力発電所での風車落下事故

平成25年6月18日付けで株式会社シーテックから、電気関係報告規則第3条の規定に基づく最終事故報告書が提出された。同報告書における原因究明及び再発防止対策は、以下のとおり。

(1) 事故原因

(株式会社シーテック事故調査報告書から風車が落下した19号機の原因に係る部分を抜粋)

4. 事故原因のまとめ

ピッチモータ分解調査、ナセル・タワー結合ボルト破損調査および風応答解析から、事故原因としては以下のとおり。

(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、ブレーキライニングが摩耗したことにより、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を下回った。これにより、強風時にフェザリング状態を保持出来なくなり3枚のブレードが同時に逆フィンになったことで、ロータの過回転が発生した。尚、ピッチモータブレーキの保持力低下を事前に検知する機能は無かった。

(2) ロータ過回転によりブレードが変形し、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および引張応力が作用したことにより、ボルトが破断し、ナセルが脱落した。

(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、この機能はピッチモータブレーキが正常であることが前提条件として設計されており、今回のような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ことが判明した。

(2) 事業者における再発防止対策

(株式会社シーテック事故調査報告書から再発防止対策に係る部分を抜粋)

5. 再発防止対策

今回の事故原因の解明結果から、過回転を防止する為の再発防止対策を下記のとおり策定した。

(1) ピッチモータブレーキを構成するスプラインの材質選定

①アルミ合金製より摩耗強度（硬度・引張強度）の高いステンレス製を選定する。

②（略）今後は消耗品としての位置づけで管理する。

③ピッチモータブレーキの健全性を確認するため、6ヶ月毎にギャップ測定を実施して状態を観察し、その結果に従い適切な処置を行う様に点検マニュアルを整備する。

(2) ピッチモータブレーキの性能を維持するための整備（予防保全）

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、ブレーキを掛けた状態にて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。実施は自動プログラムにて適宜（当

初は1週間に1度)低風速時に、フェザリング状態にて1軸毎行う。更に、低気圧(台風を含む)通過前等あらかじめ強風が予想される時および通過後には、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する。

(3) 過回転防止措置

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値(3rpm)を超えた場合、発電機をモータ駆動させ、ロータの回転数を抑える様に自動制御を付加する。

3. 苫前グリーンヒルウインドパークでの風車落下事故

平成25年11月15日付けで株式会社ユーラスエナジージャパンから、北海道産業保安監督部宛てに電気関係報告規則に基づく最終事故報告書が提出された。同報告書における原因究明及び再発防止対策は、以下のとおり。

(1) 事故原因

(株式会社ユーラスエナジージャパン事故調査報告書から風車が落下した1号機の原因に係る部分を抜粋)

6. 事故原因まとめ

主軸破断面の顕微鏡観察及び定量解析により、事故原因とそのメカニズムについては、以下の通りである事が明らかとなった。

- ・主軸は疲労破壊により破断した。
- ・当社の指示が不十分であり加工不良(曲率半径Rの不足、加工形状不良)により応力集中が起こり、亀裂が発生した。
- ・修理後の曲率半径Rは1.72mm(原設計では10mm)であった。
- ・疲労亀裂発生評価では、原設計(R10mm)では20年間の運転でも疲労亀裂は発生しないのに対し、加工後形状(R1.72mm)では数カ月の運転で疲労亀裂発生に至るとの結果を得た。
- ・亀裂進展寿命計算から得られた破断までの期間は1~2年であり、実際に破断に至った日数に相当した。

(2) 事業者における再発防止対策

(株式会社ユーラスエナジージャパン事故調査報告書から再発防止対策に係る部分を抜粋)

8. 再発防止対策

事故の再発防止を図るため、「事故原因に対する防止対策」と「当社の取組」を下記の通り実施する。

8-1. 事故原因に対する防止対策

(1) 主軸の適切な修理

- ①重要部位(ブレード、ハブ本体、主軸、タワー)に関する修理方針の徹底

重要部位に対して、風車メーカーの事前確認が取得できない場合、原設計の変更となる修理は行わない旨を記載した技術標準書を2013年12月末迄に策定する。ただし、当該技術標準書作成までの経過措置として、直ちに社内通達を発出し、周知徹底する。

②重要部位に関する修理部品使用方針の徹底

重要部位を修理する場合、原則として風車メーカーの純正品を使用する旨を記載した技術標準書を2013年12月末迄に策定する。ただし、当該技術標準書作成までの経過措置として、直ちに社内通達を発出し、周知徹底する。

③主要設備（ブレード、ハブ本体、主軸、タワー、増速機、発電機、変圧器、基礎）発注時の仕様書作成、社内組織の見直し、検収の徹底

主要設備（修理を含む）の発注をする際は、当社要求仕様（検収項目を含む）を明確にした仕様書を作成し、新たに設ける購買担当組織にて発注先の適正審査や発注仕様書の内容を確認する。また、仕様書に従って検収（修理後の健全性の確認・検証）を行う。（購買担当組織は2013年12月末迄に設ける。仕様書作成と購買担当組織による審査のルール化について、直ちに社内通達を発出し、周知徹底する。）

(2)主軸軸受の焼付き防止

軸受の焼付きは本件事故の直接原因ではないが、軸受の重度の損傷であるため、再発防止を図るべく以下を実施する。

①主軸軸受へのセンサー等の設置

- ・主軸軸受に温度センサーが無い風車を対象に、2013年12月末を目途に温度センサーを設置し、設定温度を超えた場合には風車を自動停止させる対策を実施する。温度センサーについてはPT100、バイメタル、サーミスタ等を選定中であり、主軸軸受のハウジングに設置することで詳細を検討中。
- ・温度センサーに加えて、実施可能な対策についても検討する。

②主軸軸受管理手順の見直し

現在主軸軸受の管理手順は保安規程の下位文書である運転保守要領に記載されている。今回は保安規程を改定し、運転保守要領の位置づけを明確に記載する。改訂は2013年12月末迄に実施する。2014年3月末を目途に現行の管理手順をより実効的な手順に見直す（主軸の非破壊検査の実施等）。

8-2. 当社の取組

上記対策に加えて、設備保全の更なる強化を目的として、以下を実施する。

①設備状態の見える化

主要設備について、設備状態を見える化するためのカルテ（主要設備の諸元や保守点検記録等を全社大で一元管理するためのシステムを新たに構築し、保守点検データを時系列でグラフ化して劣化傾向の把握に役立てる）を作成し、設備のリスク評価を行い、的確な設備保全ならびに事故の防止に繋げる。2013年12月末を目途に、システムを構築する。

②従業員の技術・技能向上

従業員の技術・技能の更なるレベルアップを図り、設備保全レベルの向上に繋げる。

(3) 電気事業法令に基づく事故報告等の扱い

風車の破損事故の場合は電気関係報告規則に基づく事故報告（原因究明及び再発防止対策）が必要であり、また、出力500キロワット以上の発電設備に係る風力機関の修理であって風車の強度に影響を及ぼすものを行おうとする場合は、電気事業法第48条の規定に基づく工事計画の届出が必要であるが、今般、風車の扱いに誤認があったことにより、これらの手続きがなされていないことが確認されている。

III. 今後の再発防止対策等について

太鼓山風力発電所、ウインドパーク笠取風力発電所及び苫前グリーンヒルウインドパークにおける風車落下事故について、各事業者における事故調査委員会での検討を経た最終報告等については、本WGで個別にかつ厳密に確認したところ妥当なものと考えられる。

また、風力発電業界からは、こうした風車落下事故を踏まえ、業界全体としての自主的な再発防止対策に係る提案が骨子として報告されたところ。本提案内容については、サイト適合性評価の適切な運用、日常点検の充実や非破壊検査手法を含めた経年劣化対策のためのガイドラインの策定及び周知、業界内での事故情報の共有、更に技術開発による監視システム等のセンサー導入の推進等、今般の風車落下事故を含め、発電用風力設備の安全確保に向け意義のある項目が含まれており、今後の自主的な取組が期待される。

一方で、事故が発生したメーカー製の風車を使用している他の事業者での安全確認の状況や、主要な風車メーカー及び事業者へのアンケート結果などから、他のメーカー製の風車等に今回発生した事故と同様の事故が発生する可能性や、今般の事故を踏まえ風力発電業界として自主的に取り組んでいく対策の提案内容や実効性を考慮しつつ本WGにおいて検討したところ、今般発生した風車落下事故の再発防止を確実に図る観点から、国としての今後の再発防止対策等としては以下の項目が考えられる。

なお、発電用風力設備に係る安全確保については、原則として、事業者による自主的な取組においてその安全性の確保が図られるべきであり、以下の項目にかかわらず、今後二度と風車の落下を起こさないとの認識のもと、引き続きあらゆる対策に取り組むべきである。

1. 太鼓山風力発電所での事故を踏まえた具体的な対策

(1) 他の事業者における同種の事故の発生の可能性

今般の太鼓山風力発電所で発生した風車落下事故の原因として、ナセルとタワートップフランジとの接合部付近におけるボルト破断や想定を超える緩み等について、ラガウェイ社製風車を使用している他の事業者を確認したところ、過去も含め、ボルト破断等の事象が複数確認されている。また、他の主な風車メーカー及び設置者にアンケート調査したところ、ボルト破断の事象は確認されていないとの回答が多いものの、一部のメーカー及び設置者では、ボルトの緩みや損傷の事例が確認されている。

なお、当該事象が確認された時点で、対策を講じているとのことであった。

(2) 具体的な対策

上記Ⅱ. 1. (1)における事故の原因を踏まえ、それぞれの対策としては、以下が考えられる。

①発電用風力設備の技術基準の解釈の見直し（設置時の対策）

1) 現地風条件（乱流）の扱いの明確化

発電用風力設備の健全な運転維持のためには、設備設置当初から、現地条件（現地で想定される極地風速や乱流等）を十分に評価した上で、運転年数期間において当該現地条件に対して構造上安全な設備を設置することが必要である。

こうした現地条件に対する構造上の安全性については、発電用風力設備に関する技術基準を定める省令において、風車及びそれを支持する工作物（以下、支持物）のそれぞれに対し、風圧に対する構造上の安全を要求している。また、発電用風力設備の技術基準の解釈においては、風車に対する「風圧」には、現地風条件（極地風及び乱流を含む）による風圧が考慮されているものであって、風速及び風向きの変化的変化による風圧を含むものであることが規定されている。

このように、現地での厳しい風条件（乱流）に対しては、既に技術基準として乱流を考慮するよう明示されている。

一方、今般の事故調査の結果、事故発生サイトにおいては、主風向からの乱流強度は風車の国際的な安全規格（IEC 61400-1）の範囲内であったが、風直角方向及び鉛直方向における乱流強度はこれを超えていることが明らかとなっている。

このため、こうした国際規格の規程を念頭におきつつ、今般の事故事象を踏まえ、発電用風力設備の技術基準の解釈において、「乱流」の扱いとして、乱流の3方向成分に係る安全上の扱いを明記し、現地風条件に

対する一層の安全確保を求める必要があると考えられる。

こうした要求事項に対し、電気事業法第48条の規定に基づく工事計画届出手続きに関する審査マニュアルを改訂し、当該要求事項に適合することを産業保安監督部において確認することにより、実効性を担保することとする。

2) 風車と支持物の接合部の扱いの明確化

風車（ナセル）と支持物（タワートップフランジ）との接合部（接合ボルト等）についての構造上の安全の扱いについては、現在の発電用風力設備に関する技術基準の解釈では、その明示が無い。このため、今般の事故事象を踏まえ、一層の安全確保の観点から、ナセルとタワートップフランジとの接合部における構造上の安全性について、発電用風力設備に関する技術基準の解釈において、風車又は支持物の構造上の安全の扱いには、当該部位の構造上の安全も含まれる旨明記する。

当該部位の扱いについては、風車又は支持物側で必要な強度を有することを事業者が確認し、電気事業法第48条の規定に基づく工事計画届出手続き等を行っているが、あらためて、当該要求事項に適合することを産業保安監督部において確認することにより、実効性を担保することとする。

② 亀裂等発生への対応及び早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施並びに発見後の国への報告（設置後の対策）

ナセルとタワートップフランジとの接合部であるボルトが破断すること自体が、当初想定以上の現地風条件等であったことに起因している可能性が有る。また、ボルト破断が明らかとなった時点で、周囲のボルトやタワートップフランジ部分等に、過剰な応力がかかっていることも想定される。

このため、こうした事象が明らかとなった場合は、速やかに運転を停止し当該ボルト及びその周辺ボルトを適切な方法で取り替えることが必要であるとともに、必要な対応策を検討し、現地風条件等についての再評価や、周囲のボルト及びタワートップフランジ部分等、過剰な応力がかかっていると想定される部分も含め、非破壊検査を含む詳細な保安点検を実施し、あらためて設備の構造安全上の適合性について確認・検証するとともに、設計変更や、早期発見のための定期的な非破壊検査を含む保安点検を、頻度を高めて実施することなど、評価結果に応じた安全対策を講じることが

必要である。

また、当該部位における亀裂等の修理を行う場合は、ボルトに対する保安点検の扱いを含め、必要に応じ、その実施の内容や実施後の検証について、専門家の意見を踏まえて実施することが必要である。また、修理後においても、当該設備の健全性を評価するまでは、一般公衆の接近防止措置を図ることが望ましい。

なお、ボルト破断等の発生の有無にかかわらず、予防保全の観点から、状態監視の強化対策として、最も厳しい状況であると推定されるボルト等に対して、損傷状況を早期に検出可能なモニタリングシステムの導入の検討が望ましい。

事業者においては、上記保安点検等の扱いについて、通常時及び異常時における保安規程に係る取組として、具体的な点検ルールを明確化し、自主的に取り組んでいくことが必要である。

ボルト破断等の発生が明らかとなった場合については、事業者は速やかに当該事象を国に報告することが必要である。また、国は、こうした保安点検に係る事業者の取組について確認するとともに、事業者の取組を指導しつつ、必要に応じ、報告徴収及び立入検査等の措置を講じることが必要である。

③発電用風力設備の安全性確認のための設計図書等の維持保存（設置後の対策）

発電用風力設備の設置後、設備の破損事故の発生や想定以上の現地条件が明らかとなった場合など、原因究明や再発防止対策の検討を行うためには、当該設備の設計図書等を踏まえた健全性の再評価を行うことが必要となる場合がある。

一方、風車メーカーの倒産や設備譲渡等により、設備の設計図書等が維持保存されていない場合、事業者において、事故発生時の原因究明や再発防止対策の策定といった検討自体が困難となることが考えられる。

設備の設計図書等は、設備の長期的な健全性維持のためには重要な基礎情報であることから、事業者においては、発電用風力設備に対する安全対策の検討及び実施が速やかに行えるよう、風車メーカーと協力しつつ、当該設備の設計図書等を、その運用期間中、確実に維持・保存することが望ましい。

なお、今般の事業者からの調査報告においては、どうしてボルトが破断

したのかの究極的な原因究明がなされていないため、事業者は、引き続き原因究明に取り組み、早期に国に対して報告する必要がある。

2. ウインドパーク笠取風力発電所事故を踏まえた具体的な対策

(1) 他の事業者における同種の事故の発生の可能性

今般のウインドパーク笠取風力発電所で発生した風車落下事故の原因として、ピッチモータブレーキの構成部材に磨耗に弱い材料を使用したことについて、日本製鋼所社製風車を使用している他の事業者を確認したところ、ピッチモータブレーキの構成部材に磨耗に弱い材料を使用している事例が明らかになっている。また、過去も含め、ピッチモータブレーキの健全性を維持するための適切なギャップの不備が確認された。なお、これらについては、既に耐摩耗性を有する材料のものに交換されているとともに、ブレーキギャップの適切な管理も含め、今般発生した事故に対する再発防止対策を踏まえた対応を各事業者は行っている。

また、他の主要な風車メーカー及び設置者にアンケート調査したところ、一部の事業者からピッチモータブレーキの不具合の発生等が生じているとの回答があったが、警報により風車停止を行い、部品交換等の対応を行っている。さらに、予防保全対策として有効な知見を得た時には、他のサイトにおいて水平展開を実施しているなどの回答があった。

(2) 具体的な対策

上記Ⅱ. 2. (1)における事故の原因を踏まえ、それぞれの対策としては、以下が考えられる。

① 事業者による設計・製造段階での安全上重要な部分に係る健全性の確認 (設置時の段階)

風車の過回転の発生は厳に予防することが極めて重要であり、ブレードのブレーキ制御機能といった風車の安全上重要な部分の健全性は、風車メーカーにおける設計・製造時において、設計年数での使用を前提に、十分に確認されるべきではあるが、事業者においては、発電用風力設備の設置時には、こうした風車メーカーにおける安全上重要な部分に係る健全性を確認することが必要である。

② 発電用風力設備の技術基準の解釈の見直し (設置時の段階)

1) ブレーキ保持力の健全性確保のための適切な材料の扱いの明確化

風車の過回転防止については、発電用風力設備に関する技術基準を定める省令において、風車の安全な状態の確保としての措置が規定されて

おり、今回の事故が発生した風車においても、フェイルセーフ機能[※] が設けられていたが、ブレーキに係る部品の一部における不適切な材料の使用により、ブレーキの摩耗等の異常が発生し、ブレーキ保持力が低下した。このため、フェイルセーフ機能により、過回転の状態を検知することでブレードのピッチ制御により風車の回転を停止させる機能が動作しても、ブレーキ保持力の健全性の維持がこうした安全措置の前提となっており、過回転防止機能としては不十分であったことが明らかとなっている。

こうした状況を踏まえ、風車の過回転防止を一層確実にする観点から、ブレーキ部品の健全性について、設計年数での使用を前提とした適切な材料の扱いについて、発電用風力設備の技術基準の解釈において当該内容を明確化する。

電気事業法第48条の規定に基づく工事計画届出手続きに関する審査マニュアルを改訂し、当該要求事項に適合することを産業保安監督部において確認することにより、実効性を担保することとする。

※ 故障の発生が重大な障害につながることを防止する設計上の特質のこと。

2) 風車の過回転防止のためのフェイルセーフ機能の多重化の扱いの明確化

ブレーキに係る部品の一部に不具合が発生した場合も含め、風車の過回転を防止する機構及びシステムにおいて、速度制御装置等がそれぞれ独立した安全措置として機能するなどフェイルセーフの多重化の必要性について、発電用風力設備の技術基準の解釈において当該内容を明確化する。

電気事業法第48条の規定に基づく工事計画届出手続きに関する審査マニュアルを改訂し、当該要求事項に適合することを産業保安監督部において確認することにより、実効性を担保することとする。

③ ブレーキ部分といった安全上重要な部分に係る不具合等発生の対応及び早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施並びに発見後の国への報告（設置後の対策）

ブレーキ部分といった過回転を防止する機構及びシステムに関し、ピッチモータブレーキを含め、不適切な材料の使用や、ピッチブレーキのギャップの不備等の過回転防止機能に不具合が確認された場合は、適切な材料

のものに交換するなど速やかな対応が必要であり、また、対策後の設備の健全性について、交換した材料の摩耗状況等、当該部位における健全性について確認するとともに、適切な頻度による保安点検の実施が必要である。また、当該健全性が確認されるまでの間、一般公衆の接近防止措置を図ることが望ましい。

事業者においては、上記保安点検等の扱いについて、通常時及び異常時における保安規程に係る取組として、具体的な点検ルールを明確化し、自主的に取り組んでいくことが必要である。

ピッチモータブレーキの健全性が喪失するといった過回転防止機能が喪失するような事象等が新たに明らかになった場合については、事業者は速やかに国に報告することが必要である。また、国は、こうした保安点検に係る事業者の取組について確認するとともに、事業者の取組を指導しつつ、必要に応じ、報告徴収及び立入検査等の措置を講じることが必要である。

3. 苫前グリーンヒルウインドパーク事故を踏まえた具体的な対策

(1) 他の事業者における同種の事故の発生の可能性

今般の苫前グリーンヒルウインドパークで発生した風車落下事故の原因である主軸に対する不適切な修理について、ボーナズ社（現シーメンス社）製風車及びその他の風車を使用している事業者を確認したところ、ボーナズ社（現シーメンス社）製風車を使用している事業者において、2件の軸受焼付き及び1件メーカー推奨以外の修理の事象が確認されているとともに、その他の風車を使用している事業者も含め、計4件のメーカー推奨以外の主軸の修理を行っていることが確認された。これらについては、いずれも、既に新たなメーカー品に交換済み（又は予定）であることや、修理後の非破壊検査等により健全性を確認した上で安定運転を経ているとの回答であった。

(2) 具体的な対策

上記Ⅱ. 3. (1)における事故の原因を踏まえ、それぞれの対策としては、以下が考えられる。

① 亀裂等発生の際の適切な修理及び修理後の保安点検の実施並びに発見後の国への報告（設置後の対策）

今般の事故の原因である主軸の破断については、軸受の焼付きによる主軸の損傷を、事業者が不適切に修理した状態で使用したことにより亀裂が

発生・進展し、風車の落下に至ったものとされている。主軸に亀裂が発生した場合、運転状態にもよるが、その進展状況によっては、特段の予兆も無く突然落下することが想定されることから、主軸の損傷に対する適切な保守管理を確実に行うことが、極めて重要である。

このため、軸受の焼付き等の事象により主軸が損傷し、それを修理する場合には、具体的な修理の扱いを当該メーカーに事前及び事後に確認することが確実な安全確保措置として考えられる。また、メーカーに確認しない場合の軽微な修理等を含め、必要に応じ専門家の意見を経て行うとともに、その結果の健全性を、事後及び定期的に適切な方法による非破壊検査等により確認するなど、保守点検内容の安全性に係る確認・検証を十分行うことが必要である。また、当該健全性が確認されるまでの間、一般公衆の接近防止措置を図ることが望ましい。

事業者においては、上記保安点検等の扱いについて、保安規程に係る取組として、具体的な点検ルールを明確化し、自主的に取り組んでいくことが必要である。

また、軸受の焼付き等による破損事象は、電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告の対象であり、焼付きにより大きく損傷した主軸の修理は、それが風車の強度に影響を及ぼす500キロワット以上の発電設備に係る風力機関の修理である場合は、電気事業法第48条の規定に基づく工事計画の届出の対象となる。このため、軸受の焼付き等の発生が明らかとなった場合については、事業者は速やかに原因究明及び再発防止対策の検討を行うとともに、当該事象を国に報告することが必要であり、当該部位の修理が風車の強度に影響を及ぼす場合は、国に工事計画の届出が必要である。

②風車回転軸に対する安全対策（設置時の段階）

今般の事故の原因である主軸の破断については、不適切な修理に起因するが、そもそも主軸の焼付き等の発生自体を予防することが必要と考えられる。温度センサーの設置による状態監視や、回転軸における鉄粉濃度管理など、適切な保守管理ルールの整備やその遵守等により、主軸の焼付きの発生自体を予防する対策を講じることが推奨される。

なお、焼付き自体の事象はまれな事象と考えられること、また、焼付き自体の発生原因について、これまで十分な調査が行われていないことに鑑み、当面同種の事象の発生状況を確認しつつ、必要に応じ、対策を講じて

いくことが考えられる。

4. その他の対策

(1) 民間規格の規定見直しによる自主保安の促進

発電用風力設備については、風力発電事業に従事する事業者が保安上守るべき技術的事項を定めた「風力発電規程（J E A C 5 0 0 5）」（一般社団法人日本電気協会）が策定されており、運転・保守に係る保安点検の内容も含め、民間規格として広く風力発電事業者に活用されている。こうした民間規格においても、今般の事故に対する対策を勘案した上で、必要な見直しを早期に行うことが望まれる。

(2) 事故情報の共有による自主保安の促進

電気関係報告規則に基づき、事業者は事故の発生やその原因及び再発防止対策について、国に報告することが義務づけられている。当該情報は、事故の原因及び再発防止対策が含まれており、他の事業者にとって、同種の事故の発生を未然に防止する取組を検討する際の貴重な情報と考えられる。

このため、国は、当該事故報告が提出された際に、当該事故の重大性や社会的影響、当該事故発生事業者の不利益となる情報の扱いに留意した上で、風力発電業界における自主的な取り組み状況を踏まえつつ、その主な内容を適切なタイミングで公表することが望ましい。

(3) 取扱者以外の者に対する注意喚起の強化

発電用風力設備に関する技術基準を定める省令において、取扱者以外の者に見やすい箇所に風車が危険である旨表示することが規定されている。発電用風力設備については、今般の風車落下事故以外に、落雷等の原因によりブレードが破損する等の事故が発生する可能性があることから、事業者は、厳しい気象状況が見込まれる場合には、こうした事故が発生する危険性について、可能な範囲で、当該設備の施設場所だけでなく、その周囲の適切な場所への表示（標識設置等）や周知等の取組を講じることも、公共の安全の確保の観点から検討することが必要と考えられる。

5. 今後の課題

本年に入り、風車の落下事故が3件連続して発生しており、極めて遺憾である。こうした事故は厳に未然防止を図ることが重要であり、今般発生した風車落下事故に起因する対策のみならず、落下事故の発生しない安全な設備の設置、劣化兆候を確実に捕捉できる検査や修理等の適切な保安点検の実施

により、落下事故防止に万全を期すべきであり、風力発電業界として、引き続き高い危機意識をもって自主的な保安確保に取り組むことが求められる。

また、電気関係報告規則に基づく発電用風力設備に係る事故については、事業者による自主的な保安の確保を念頭に、事故原因究明や再発防止対策について、事業者自らが調査検討し、産業保安監督部に報告することが義務づけられており、産業保安監督部では、事業者の事故報告の内容を精査し、適切に指導するとともに、必要に応じ、報告徴収等の措置を講じてきているところである。

このような産業保安監督部における取組だけでなく、3件の事故の重大性に鑑み、経済産業省本省に設置されている産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会風力発電設備構造強度ワーキンググループにおいて、中立的な専門機関として、事業者における事故調査の内容の適切性の確認や、他の風力発電事業者への対応も含めた再発防止対策について、審議検討を行ってきた。さらに、同ワーキンググループの主要な委員が、事業者が設置する事故調査委員会の委員として、事業者における原因究明及び再発防止対策の策定に直接参画することにより、事業者における事故調査の一層の適切性の確保に向け効率的に取り組んでいる。しかし、今後も、こうした看過しがたい事故が発生する場合は、事故原因の究明や再発防止対策の検討について、事故対応を専門とする新たなワーキンググループを設置するなど、国がさらに一歩踏み込んで対応することが必要と考えられる。

以上

(参考) 風車落下事故に対する経済産業省における対応状況

1. 太鼓山風力発電所での風車落下事故

- 平成25年3月13日 中部近畿産業保安監督部近畿支部が、事業者である京都府から電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告(速報)を受けた。
- 平成25年3月14日 ①中部近畿産業保安監督部近畿支部から現地に職員を派遣し、現地調査を実施した。
②経済産業省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を使用している他の事業者に対し注意喚起と安全確認のための保安点検等の実施を依頼する旨の周知文書を、関係する産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会宛てに発出した。
- 平成25年4月11日 京都府から中部近畿産業保安監督部宛てに電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告(中間報告)が提出された。
- 平成25年4月12日 経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し安全確認のための詳細な保安点検等の実施を要請する旨の文書を、関係する産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会宛てに発出した。この中で、点検結果について、5月10日を目途に産業保安監督部宛てに報告するよう要請した。
- 平成25年4月24日 中部近畿産業保安監督部は京都府に対し、電気事業法第106条の規定に基づく報告徴収命令を発出し、事故原因及び同発電所の他号機が技術基準に適合しているか否かの説明を5月23日までに、また、事故機以外の号機に対する事故防止対策を6月28日までに報告するよう求めた。
- 平成25年5月31日 産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会風力発電設備構造強度WG(第4回)を開催し、事故調査状況、同じメーカー製の風車を用いている他の事業者における点検等の実施結果を踏まえ、当面の対応について審議を行った。
- 平成25年6月4日 経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し、当

面の対応について要請する旨の文書を、関係する産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会宛てに発出した。

平成25年11月26日 京都府から中部近畿産業保安監督部宛てに電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告が提出された。

2. ウインドパーク笠取風力発電所での風車落下事故

平成25年4月7日 中部近畿産業保安監督部が、事業者である株式会社シーテックから電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告（速報）を受けた。

平成25年4月8日 ①中部近畿産業保安監督部は現地に職員を派遣し、現地調査を実施した。
②経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し注意喚起と安全確認のための保安点検等実施を依頼する旨、及び別のメーカー製の風車を用いている事業者に対しても点検等の実施を依頼する旨の周知文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。

平成25年5月2日 ①株式会社シーテックから中部近畿産業保安監督部宛てに電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告（中間報告）が提出された。
②経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し安全確認のための詳細な保安点検等の実施を要請する旨、及び別のメーカー製の風車を用いている事業者に対しても点検等の保守管理の実施を要請する旨の文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。この中で、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対しては、点検結果について、5月23日を目途に産業保安監督部長宛てに報告するよう要請した。

平成25年5月31日 産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会 風力発電設備構造強度WG（第4回）を開催し、事

- 故調査状況、同じメーカー製の風車を用いている他の事業者における点検等の実施結果を踏まえ、当面の対応について審議を行った。
- 平成25年6月4日 経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し、当面の対応について要請する旨の文書を、関係する産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会宛てに発出した。
- 平成25年6月18日 株式会社シーテックから中部近畿産業保安監督部宛てに電気関係報告規則に基づく事故報告（最終報告）が提出された。
- 平成25年6月19日 経済産業省本省は、風力発電事業者に対し事故報告（最終報告）の内容を周知するとともに、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている事業者に対しては、事故報告の内容を十分踏まえた措置を講じることについて周知する旨の文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。

3. 苫前グリーンヒルウインドパークでの風車落下事故

- 平成25年9月5日 北海道産業保安監督部が、事業者である株式会社ユーラスエナジージャパンから電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告（速報）を受けた。
- 平成25年9月6日 ①北海道産業保安監督部は現地に職員を派遣し、現地調査を実施した。
- ②経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いている他の事業者に対し注意喚起と安全確認のための保安点検等実施を依頼する旨、及び別のメーカー製の風車を用いている事業者に対しても点検等の実施を依頼する旨の周知文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。
- 平成25年10月4日 ①株式会社ユーラスエナジージャパンから北海道産業保安監督部宛てに電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告（中間報告）が提出された。
- ②経済産業省本省は、事故が起きた風車と同じメー

カー製の風車を用いている事業者に対し、安全確認のため、軸受焼付きの発生や、当該事象に対するメーカー推奨以外の修理等を行っている場合の詳細な保安点検等の実施や、その結果を報告することを要請するとともに、他のメーカー製の風車を用いている事業者に対しても、軸受焼付きの発生や、当該事象に対するメーカー推奨以外の修理等を行っている場合には、その健全性を評価した上で結果を報告することを要請する旨の文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。この中で、結果報告については、11月5日を目途に産業保安監督部長宛てに報告するよう要請した。

- 平成25年11月15日①株式会社ユーラスエナジージャパンから北海道産業保安監督部宛てに電気関係報告規則第3条の規定に基づく事故報告（最終報告）が提出された。
- ②経済産業省本省は、ユーラスエナジージャパンからの事故報告について、風力発電事業者に対し周知する旨の文書を、全国の産業保安監督部及び一般社団法人日本風力発電協会に宛てに発出した。

今後の再発防止対策等について（概要）

	事故原因	事故発生事業者における再発防止対策	国における今後の再発防止対策等
太鼓山風力発電所	・タワートップボルトの折損（一部の現地風条件(乱流強度)が風車規定値を上回っていることを確認)	(点検方法等の見直し) ・ボルトの健全性を確認するための超音波探傷試験を定期検査の点検項目に追加 (維持管理及びボルト交換時等のマニュアル等の整備) ・定期的な超音波探傷試験の実施による亀裂の早期発見 ・亀裂発見時の対応(ボルトの早期取替え、ボルト取替えに係るマニュアルの整備)	○発電用風力設備の技術基準の解釈の見直し(設置時の対策) ・現地風条件(乱流)の扱いの明確化 ・風車と支持物の接合部の扱いの明確化 ○亀裂等発生への早期対応及び早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施及び発見後の国への報告(設置後の対策) ・ナセルとタワートップフランジ接合部のボルト破断に対する速やかな取替え、非破壊検査を含む詳細保安点検の実施、保安規程に係る具体的な点検ルールの明確化 他 ○発電用風力設備の安全性確認のための設計図書等の維持保存(設置後の対策) ・発電用風力設備に対する安全対策の検討及び実施が速やかに行えるよう、風車メーカーと協力しつつ、当該設備の設計図書等を、その運用期間中、確実に維持・保存
ウインドパーク笠取風力発電所	・ピッチモータブレイキの保持力低下 ・過回転防止機能の不足	(ピッチモータブレイキを構成するスプラインの材質変更) (定期点検マニュアルの整備) (ピッチモータのブレイキ保持力のチェック機能追加) (回転数制御によるロータ過回転防止機能追加)	○事業者による設計・製造段階での安全上重要な部分に係る健全性の確認(設置時の対策) ○発電用風力設備の技術基準の解釈の見直し(設置時の対策) ・ブレイキ保持力の健全性確保のための適切な材料の扱いの明確化 ・風車の過回転防止のためのフェイルセーフ機能の多重化の扱いの明確化 ○ブレイキ部品といった安全上重要な部分に係る不具合等発生時の早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施及び発見後の国への報告 ・過回転防止機能に不具合が発生した場合の速やかな対応、保安規程に係る具体的な点検ルールの明確化 他
苦前グリーンヒルウインドパーク	・過去の主軸に対して行った不適切な修理(主軸軸受の焼付きの発生)	(主軸の適切な修理) ・重要部位に関する修理方針の徹底 ・重要部位に関する修理部品使用方針の徹底 ・主要設備発注時の仕様書作成、社内組織の見直し、検収の徹底 (主軸軸受の焼付き防止) ・主軸軸受へのセンサー等の設置 ・主軸軸受官管理手順の見直し (その他の取組) ・設備状態の見える化 ・従業員の技術・技能向上	○亀裂等発生の際の適切な修理及び修理後の保安点検の実施並びに発見後の国への報告(設置後の対策) ・主軸の適切な修理及び定期的な非破壊検査等による健全性の確認、保安規程に係る具体的な点検ルールの明確化 他 ○風車回転軸に対する安全対策(設置時の対策) ・センサー設置による状態監視等の適切な保守管理ルールの整備 他
その他の対策			○民間規格の規定見直しによる自主保安の促進 ・風力発電規程の見直し ○事故情報の共有による自主保安の促進 ・事故報告内容の公表 ○取扱者以外の者に対する注意喚起の強化 ・厳しい気象状況(落雷等)が見込まれる場合での事故発生危険性について、適切な場所での表示(標識設置等)や周知等の検討
今後の課題			○事故対応を専門とする新たな事故調査体制の構築 ・今後も重大事故が発生する場合、国に新たな事故対応専門のWGを設置し原因究明や再発防止対策を策定

風力発電業界からは、こうした風車落下事故を踏まえ、業界全体としての自主的な再発防止対策に係る提案が骨子として報告されたところ。本提案内容については、サイト適合性評価の適切な運用、日常点検の充実や非破壊検査手法を含めた経年劣化対策のためのガイドラインの策定及び周知、業界内での事故情報の共有、更に技術開発による監視システム等のセンサー導入の推進等、今般の風車落下事故を含め、発電用風力設備の安全確保に向け意義のある項目が含まれており、今後の自主的な取組が期待される。