

再生可能エネルギー利用と社会的規制

- 1) 本荘港風力発電所ブレード折損事故,
- 2) ユーラス西目ウインドファーム2号機風車火災事故,
- 3) J R E 酒田風力発電所5号機ハブ制御盤焼損事故

鶴田 俊¹¹ 秋田県立大学 システム科学技術学部

経済産業省では、平成25年に風車落下事故や、落雷によるブレード破損事故など、公共の安全確保の観点から懸念される事故が数度にわたり発生していることからこのような状況に対応するため、事故対応・原因究明及びこれらに基づく技術基準の改正等を明確にミッションとする専門家会議を設置し、対応を図る目的で、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を設置、事故対応や今後の対応策に加えて、技術基準の改正等制度改正も検討する場としている。1) 本荘港風力発電所ブレード折損事故に関する報告、2) 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、3) J R E 酒田風力発電所5号機ハブ制御盤焼損事故について等由利本荘市近隣で風車の事故が発生している。ここでは、公開された資料を基にどのような技術的課題があるかを紹介する。

キーワード：風力発電，火災，事故，規制

はじめに

経済産業省では、平成25年に風車落下事故や、落雷 [16] によるブレード破損事故など、公共の安全確保の観点から懸念される事故が数度にわたり発生していることからこのような状況に対応するため、事故対応・原因究明及びこれらに基づく技術基準の改正等を明確にミッションとする専門家会議を設置し、対応を図る目的で、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を設置、事故対応や今後の対応策に加えて、技術基準の改正等制度改正も検討する場としている [8]。NEDO 日本型風力発電ガイドラインの雷対策重点地域に含まれる由利本荘市周辺 [5] で風力発電が本格化して20年程度経過しようとしている。ヨーロッパで開発された風力発電機は20年程度の運転を想定し製造されている [12]。ヨーロッパでも想定運転期間を経過した風車を撤去するか新設するか議論されている。風力発電によって送電する場合には風力発電機に一定の保険を設定することになる。想定運転期間を過ぎた風車についてどのような検査を行い、どのような保険を設定するかは検討中である。日本の税制上の耐用年数を超過

した設備をどのように扱うかは、事業者の判断となる。陸上風力発電開始時に周辺への影響を検討する研究が行われ、その結果が公表された上で設置が行われた国もあれば、ともかく回りを見ながら設置した国もある。落雷によるブレード破損 [5] は、陸上風力発電開始時に周辺への影響の中で検討されており、周囲に空地を設定すれば死亡事故リスクは十分小さいとされていた。” The analysis has indicated that the risks of fatality associated with this wind turbine are low relative to other risks commonly experienced.” [3] ところが、事故の発生が続き、“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。”と事業者に周知等の取り組みを期待している [12]。経済産業省は、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の議論を基礎として、発電用風力設備の技術基準の解釈の改正 [7] や発電用風力設備に関する技術基準を定める省令及びその解釈に関する逐条解説 [13] を公開して

いる。

事故分析

事故原因分析目的

NEDO 日本型風力発電ガイドラインの雷対策重点地域に含まれる由利本荘市周辺 [5] で風力発電設備が設置され設備の中には、設計寿命 20 年を経過しようとしているものがある。風力発電設備は、他の発電設備と同様に適切に維持管理すれば設計寿命を延長することも考えられる。2014 年の電力安全課の”風力発電設備に係る保安確保のあり方について” [4] では、”近年、風力発電の事故は急激に増加。設備容量に占める事故件数の割合は火力発電に比べ極めて高い”、”一般公衆が容易に立ち入れる地域（例：国道の脇）に設置されているケースも多く、風車落下などの事故が発生した場合に、一般公衆への被害も想定されうる。風車落下事故はこの 1 年間でも 3 件発生”と懸念されている。”本 WG でのこれまでの事故原因の分析を踏まえれば、設計・製造不良や雷害等が事故の根源的要因であるものの、定期的なメンテナンスを徹底することによって、事故以前の段階で不具合を解消することが可能であった事例が多い”、”火力発電設備等と比べても、比較的短い運用期間で事故が発生。①これまでの事故事例を踏まえた技術基準の整備、②適切なメンテナンスの徹底により、設備の安全性・保安水準を高めていくことが不可欠”と指摘している。”....メンテナンスの頻度や方法などは事業者によって大きく異なり、その検査品質についても十分に確保されていない可能性が高い。また、このようなメンテナンスに対する信頼が乏しい現状は、損害保険引受額の縮小等、ファイナンス面にも悪影響を及ぼしつつある状況”と指摘しており、損害保険引受額縮小が起きると事業継続が困難となる [1]。保険会社の公開資料を見ると 2003 年 9 月 30 日に秋田県で”コンデンサのアークが可燃物に引火。ナセルが全焼したほか、ブレードも損傷した。2004 年 8 月運転再開。”と記載がある。記載 7 件中に秋田県の事例が 1 件含まれている。保険会社も風力発電事業のリスクを分析し、顧客に提供している [2]。

遊佐日向川風力発電所事故

2013 年 11 月 20 日遊佐日向川風力発電所で 21 時 38 分に風力発電機に被雷、その後約 20 分の運転後にブレードが折損、ブレードピッチコントロール異常、風向風速計異常が発生、22 時 00 分に風力発電機が自動停止している [9]。折損原因の推定として約 1,400 C（推定値）の落雷が主原因と考えられ、ブレードは NEDO 推奨値の 600C に耐えられる構造になっていたが、雷電流の一部が金属導体以外にも GFRP の内表面等流れ（一部の GFRP 部材に焦げ跡を確認）、内圧上昇・接着面の温度上昇を招きブレードの一部に損傷（亀裂等）を生じさせたと考えられている。その後の 20 分間の継続運転で損傷が徐々に拡大し、折損に至っ

たものと推定している。恒久対策として、日本海側の巨大冬季雷に耐えるような耐雷性の向上をメーカーに申し入れている。ブレード内部導体系の改良（サージインピーダンスの低減）を進める方針としている。

日本荘港風力発電所事故

2018 年 2 月 17 日本荘港風力発電所で 08 時 34 分（推定）に風車「ブレード B ピッチ角度異常」を検出して自動停止した [15]。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している。2 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（300 C 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。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ことで、ブレードアーク痕等の発見を可能とし、運転再開による損傷拡大を防止するとしている。

ユーラス西目ウインドファーム事故

2020 年 12 月 20 日ユーラス西目ウインドファームで 16 時 49 分に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 [10]。設備上の対策として制御盤内への自動消火設備の導入、ナセル内側への不燃シート設置、警報不作動対策として 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、運用上の対策として従来の点検要領に 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、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するとしている。2020 年 2 月 1 日 J R E 酒田風力発電所で風車のハブ制御盤の焼損を発見している。1 月 30 日に通信が遮断され、遠隔監視が出来なくなっている。暴風雪波浪警報が継続して発令されていたため損傷状況の確認が出来なかった。出火元と推定されるハブ制御盤の受電端子付近の絶縁不良から地絡短絡が発生し電源ケーブルに過大な電流が流れたと推定している。落雷によるブレードの損傷は、風力発電導入時に検討されている [3]。落雷によるブレードの損傷状況を見ると類似した外観となっている。また、ブレード損傷に伴う破片の飛散は、事前に想定された拵がりの範囲内と思われる。ブレードは、ガラス繊維複合材で作られ、落雷対策として内部に導電体を設置している。ところが落雷により導電体が過熱したり、海水などの付着により伝導性を持った部分を通過し、ブレードが損傷し、回転に伴う力学的な作用を繰り返し受ける中で損傷している。ブレードを設置する前に落雷損傷を起こし易いか評価できれば、損傷を予防できるかも知れない。雷対策重点地域に

含まれる由利本荘市周辺の地域の特性を考え、落雷試験場を設け、様々な対策を講じたブレードを設置し、耐久試験を行うことも検討する必要がある。新たに風車を設置するとき、同種のブレードを試験片として落雷確率の高い落雷試験場に設置し、落雷に伴う損傷の外観を観察することにより落雷損傷の度合いを判定する技能を養成できる。火災の発生に伴い発生した破片の飛散では、ブレードではなくナセルの部品が飛散している。風を受け、回転するブレードの場合、損傷時には運動エネルギーと位置エネルギーを有していることから放物線軌道を描いて飛散すると考えることが出来る。ナセルの部品の場合、回転部分以外では位置エネルギーを有するのみなので、支柱の近傍風下側に破片は落下すると考えられる。ところが、2020 年 12 月 20 日ユーラス西目ウインドファームの場合、風向と直交する方向に 100m 以上飛散している。この損傷は、事前想定とは異なる破片発生となっている。報告書 [11] を見ると DC リンクキャパシタの周辺に損傷が見られ、火元と推定されている。同時期に設置された類似の風車の中で火災となり、キャパシタが原因と推定された事例 [14],[17] をみると 2011 年以降の詳細情報が記載されている。設置地域が電源周波数の異なる西日本であることから詳細は異なると思われるが、製造者は形式の異なる風車の事故例も類似事故として扱っている。ナセルの設置高さは 76m である。もし、重力加速度 g の自由落下により破片が運動すると地面に達するまでの時間を τ とする。

$$76 = \frac{1}{2}g\tau^2 \quad (1)$$

$$\tau = 3.9(s) \quad (2)$$

事故当時の風速がおおよそ 13 m/s であり、50 m 風下方向へ移動することが考えられる。地面に達する破片の垂直方向の速度 u を求める。

$$u = g\tau \quad (3)$$

$$u = 38.2(m/s) \quad (4)$$

破片の空気抵抗によっては、この速度よりも小さくなるかもしれないが、大きな速度となっている。138 km/h と時速に換算すると回避することは難しい。風下に対して直交する方向に約 100 m 移動していることから平均移動速度 v を求める。

$$100 = v\tau \quad (5)$$

$$v = 25.6(m/s) \quad (6)$$

この計算からナセル内に固定されていたパネルが、固定部を破壊、25.6 m/s まで何らかのエネルギー源により加速されたことになる。破片の垂直方向の速度 u と水平方向の成分 v から破片の速度 w を求める。

$$w^2 = u^2 + v^2 \quad (7)$$

$$w = 46(m/s) \quad (8)$$

破片の速度が大きくなっており、時速に換算すると 165 km/h となる。

従来の風車のリスク評価では考慮していない内部でのエネルギー放出が起きている。

事象事例を見ると台風の強風条件で 200 m 以上も破片が飛散した事例があるが、ナセル内でエネルギー放出が起これ、破片が加速されたことからナセル内のエネルギー蓄積量を評価し、必要最小限に維持するとともに、立ち入り禁止区域を十分に広くとる必要がある。

おわりに

NEDO 日本型風力発電ガイドラインの雷対策重点地域に含まれる由利本荘市周辺では、2013 年 11 月 20 日遊佐日向川風力発電所、2018 年 2 月 17 日本荘港風力発電所で落雷によりブレードが損傷する事故が起きている。何れも損傷を目視で確認することが出来ずに運転、損傷に至っている。落雷の被害に対しては一定の対策が講じられていたが、ブレードの損傷に伴い破片が飛散している。冬季に損傷が起きた場合には、天候が穏やかになる春まで風車を取り外すことが出来ない。風力発電は、遠隔監視により運転状況を把握することになっているが、2020 年 12 月 20 日ユーラス西目ウインドファーム、2020 年 2 月 1 日 J R E 酒田風力発電所では、通信が途絶している。事故後の損傷調査で事故当時の状況を把握できるが、事業者が設備の状態を把握できないまま、周囲に破片が飛散することになっている。積雪が深く容易に接近できない場所や暴風雪波浪警報の発令により接近できない場所で発生しているが、常に人が接近できないことが保証されるわけではない。強風や落雷にさらされる由利本荘市周辺では、風力発電設備が想定を超える負荷により破壊されることを想定しておく必要がある。

参考文献

- [1] 足立 慎一,「風力発電設備の火災事故と消火装置 日本国内における風力発電設備の火災事故の概要と自動消火装置の種類について」, https://image.sompo-rc.co.jp/reports_org/r139.pdf.
- [2] 足立 慎一, 加藤 波里,「風力発電事業のリスク管理と危機管理」, https://image.sompo-rc.co.jp/reports_org/r171.pdf.
- [3] CME Robinson,ES Paramasivam,EA Taylor,AJT Morrison,ED Sanderson,Study and development of a methodology for the estimation of the risk and harm to persons from wind turbines,<https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr968.pdf>.
- [4] 電力安全課,「風力発電設備に係る保安確保のあり方について」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/005.05.01.pdf.
- [5] 一般社団法人日本風力発電協会,「風車への落雷が原因と想定される事故を踏まえた公衆の安全確保に係る JWSA としての提案(骨子) - 中間報告 - 」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/001.05.01.pdf.
- [6] JRE Operations Corporation,「J R E 酒田風力発電所 5 号機ハブ制御盤焼損事故について」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/027.02.00.pdf.
- [7] 経済産業省,「発電用風力設備の技術基準の解釈」,改正 2021.04.12 保局第 1 号令和 3 年 4 月 14 日.
- [8] 経済産業省商務流通保安グループ電力安全課 正影 夏紀,「風力発電設備の安全対策について」,日本風力エネルギー学会誌 40-4,pp.519-522(2016).
- [9] 株式会社 庄内環境エネルギー 株式会社 日立パワーソリューションズ,「遊佐日向川風力発電所事故調査状況報告」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/001.04.01.pdf
- [10] 株式会社ユーラステクニカルサービス,「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 1 報)」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/026.02.00.pdf
- [11] 株式会社ユーラステクニカルサービス,「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)」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/027.01.00.pdf.
- [12] 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,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)」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/001.s01.00.pdf.
- [13] 産業保安グループ電力安全課,「発電用風力設備に関する技術基準を定める省令及びその解釈に関する逐条解説」, 令和 3 年 4 月 14 日改正.
- [14] 静岡県御前崎港管理事務所,「静岡県御前崎港風力発電施設事故報告」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/002.01.06.pdf.
- [15] 羽後風力発電株式会社,「本荘港風力発電所ブレード折損事故に関する報告」, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/013.03.03.pdf
- [16] 浦島 邦子,「安全安心な社会構築に忘れてはならない雷害リスク対策」, 科学技術動向 2007 年 4 月号,pp.16-26(2007).
- [17] Vestas,OMAEZAKI-PORT-REPORT V80-2MW Mark2 60Hz, Tower67m Turbine ID 18138 Commissioned 2004 March, Incident Date:2014 Feb 14th, https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/newenergy_hatsuden-wg/pdf/007.02.00.pdf.

〔 令和 3 年 7 月 30 日受付
令和 3 年 9 月 1 日受理 〕

Renewable Energy Use and Social Regulation

Takashi Tsuruda¹

¹ *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University*

The ministry of economy, trade and industry has formed an advisory panel to investigate the causes of wind turbine accidents and intensify wind turbine regulations. Several wind farm cases, including turbine blade damage at wind farm in Honjo, fire of wind turbine number two at Eurus-energy Nishime wind farm, and fire of hub control panel of wind turbine number five at JRE Sakata wind farm, have occurred in Yurihonjo area. In this paper, technical issues relating to these occurrences were discussed based on available data.

Keywords: accident, fire, social regulation, wind power generation