

自然エネルギーで脱原発はできるか？（Ⅵ） ～再エネと蓄電池による災害時利用について（Ⅰ）～

技術士（衛生工学・建設・環境）・第一種放射線取扱主任者等
環境計画センター 会長代行 鍵谷 司

はじめに

脱原発の切り札として期待されている自然エネルギーは、国内で永遠に確保できるクリーンなエネルギー源である。小資源国の我が国にとってその普及・拡大は、火力や原子力に依存しない持続可能な安全で安定したエネルギー源を確保する上で悲願でもある。しかしながら、最大の欠点は、気象条件により発電量が大きく変動することや自然災害に極端に弱いことであろう。とくに、海に囲まれた我が国は、長雨や台風などによる自然災害が多く、しかも年々頻度も規模も大きくなっている。そのたびに送電網や設備の損壊などにより電力供給に大きな影響が生じる。災害に強い電源を確保できなければ、「とても脱原発・脱火力は達成できそうにない」。

最近の事例では、2018年9月6日の最大震度7を記録した北海道胆振東部地震に起因する日本初となるブラックアウト（全道で停電）がある。日本有数の風力発電地帯であり、また、北本連系線により本州から60万kWの電力が供給されるにもかかわらず道内すべてで停電した。また、「令和元年房総半島台風」と命名された台風15号は典型的な風台風であり、電力供給に甚大な影響を及ぼした。さらにその後、連続的に台風が上陸し、暴風雨及び豪雨による災害が頻発し、激甚災害に指定された。

このように大地震や巨大台風により電力供給システムが大きな被害を受け、長期間にわたって停電し、都市機能、生活、工場・商業活動などあらゆる分野で甚大な影響を及ぼした。しかも復旧に長時間を要したことから、現状の広域的電力供給

システムが見直され、分散型電力供給システムが注目されている。今回は、見直しの契機となった大地震及び大型台風による広範な停電と復旧、ならびに問題について紹介する。

1. 災害時における停電と復旧の事例が教えることは！

1. 1 北海道胆振東部地震に起因するブラックアウト（全道停電）^{1)~4)}

①概要

2018年9月6日に発生した北海道胆振地方東部地震（図1）は、道央南部苫小牧市東部の厚真町で最大震度7の大地震が発生した。土砂災害、住宅損壊あるいは送電網の損壊により断水や停電等



図1 胆振東部地震の震源地等（気象庁）



写真1 道内最大の苫東厚真発電所（石炭火力発電所）

甚大な被害が発生した。とくに、道内最大規模の苫東厚真火力発電所（写真1）が停止したことにより各地の発電所が次々と停止し、全道が停電するブラックアウトが本当に起こった。この地震により、最大約295万戸が停電し、工場稼働や日常生活にも大きな影響を及ぼした。ブラックアウトの解消にほぼ約50時間を要したと報道されているが、相当数の「隠れ停電」が発生し、5日間も停電したと聞く。なお、苫東厚真火力発電所は、石炭火力発電が3基あり、総出力は165万kWである。たとえ稼働していても「緊急停止」したと考えられる。

②ブラックアウトはなぜ起こったか？¹⁾²⁾

道内最大の厚真火力発電所（2号炉・4号炉；130万kW）が地震で停止したが、当時、道内には300ヵ所以上の発電所があり、その総発電能力はおおよそ900万kWであるが、当時、稼働中は約310万kWと言われている。つまり、実発電量の5割程度が停止したため、ブラックアウトが起こったことになる。本州と北海道とは連携線で結ばれており（北本連系線）、当時60万kWの電力を受電できたが、システムは機能しなかった。なお、泊原子力発電所（207万kW）は停止中であった。

厚真火力発電所は、震源地に近く、揺れが大きかったため、機器の一部が壊れたことが停止の原因であったが、水力発電所とつながる複数の送電線がすべて損壊、さらに風力発電は、周波数の低下により停止した。このようにそれぞれの発電所

は、異なる理由で停止し、大停電が実際に起きてしまった。なお、電力供給システムにおいて、供給が需要を上回る場合は周波数が上がり、その逆の場合は周波数が下がるので、安全装置が発動して発電所が停止する仕組みである。つまり、道内最大の厚真火力発電所の停止により給電量が低下したにもかかわらず、需要（消費電力）は維持されたため、周波数が下がり、すべての発電所が自動的に停止したのである。

③北本連系線（60万kW）からなぜ受電ができなかったか？³⁾

日本では、各地域の電力供給を9電力会社が担っており、それぞれ連系線により緊急時に電力の融通を行い、電力の安定供給を維持できるシステムが整備されている（図2）。

当時、本州と北海道には緊急時に60万kWの電気を送受電できる北本連系線が整備されていた。しかし、本州からの送電は直流なので、50サイクルの交流に変換しなければ道内の電力システムへ

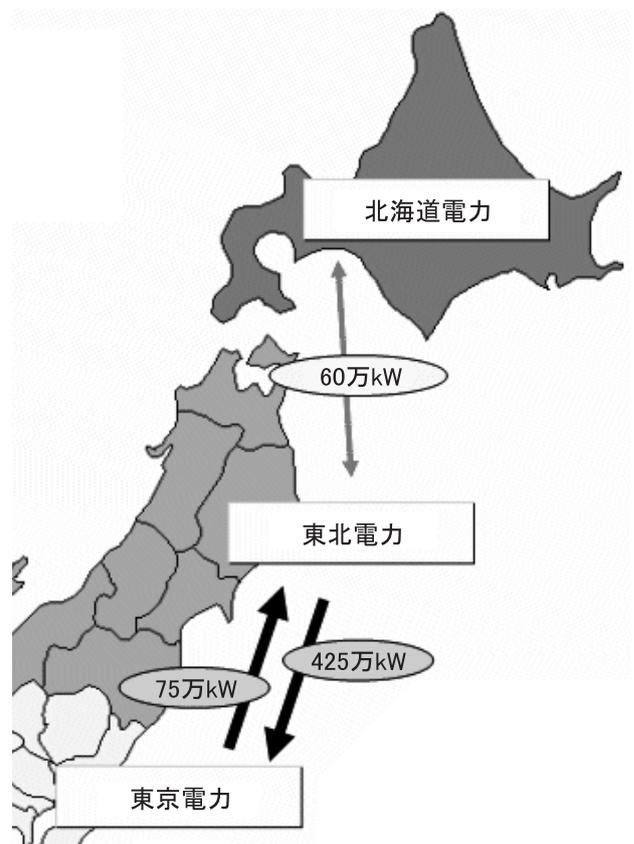


図2 関東以北の電力の連系線（2018年）

給電することはできない。変換器は、外部電力が必要であるので、ブラックアウトした道内には電気がなく、受電することが出来なかった（他励式）。なお、新設された新北本連系線（30万kW）は自励式で外部電源無しで立ち上げができる。2019年3月に運転を開始し、合計90万kWに増強され、更なる増強（+30万kW）が検討されている。

④電源無しから発電所の起動（ブラックスタート）

通常の火力発電等の発電機を停止状態から起動させるには、まず所内機器（通風機、ポンプ、微粉炭機等）などの補機へ電力を供給することが必要である。このため発電所周囲の電力系統が停電しているときには、当該発電機自体が起動できない。今回、起動に役立った外部電源は、外部電源が必要のない水力発電が担った。なお、最近では、外部電源から受電することなく、起動できる「ブラックスタート機能」が検討されている。

⑤その時、泊原子力発電所は！●

北海道南西部に日本海沿岸部には、泊原子力発電所が位置する。2011年3月の福島原子力発電所は、外部電源がなくなり、核燃料のメルトダウンが起り、原子炉建屋が水素爆発して膨大な放射能が外部へ放出された。道内電源がすべてダウンしたブラックアウト時の原発の状況がとても心配された。泊原発は、福島原発事故以来、運転を停止中ではあったが、冷却しなければ核燃料は自己崩壊で発熱するので、メルトダウンを起こしかねない。なお、当時、原子炉は停止後6年を経て冷温停止状態で、核燃料は原子炉の中になく、すべて使用済み核燃料プール（SFP）で冷却中とあった。

〈泊原子力発電所の概要〉

- 出力：1号機から3号機の合計207万kW
- 1号機57万9千kW（1989年6月営業運転開始）
- 2号機57万9千kW（1991年4月営業運転開始）
- 3号機91万2千kW（2009年12月営業運転開始）
- 加圧水型軽水炉（PWR）、低濃縮二酸化ウラン

この地震により北海道全体がブラックアウトになり、泊原子力発電所が外部電力喪失の状況に陥ったが、非常用ディーゼル発電機（DG）によって所内電力を供給することができた。その日のうちに外部電源も回復し、事故には至らなかった。が、「外部電源喪失」という原子力発電所としては極めて深刻なインシデント（重大な結果に繋がりがねない出来事）が生じた。原発は、停止中であっても決して安全ではないのである。

1.2 千葉県「令和元年房総半島台風」による停電と復旧^{5)~8)}

①概要

2019年9月9日、台風15号は東京湾を縦断する進路を進み、千葉市付近に上陸し、関東各地で記録的な暴風となった。千葉県では、最大瞬間風速57.5m/sを記録し、典型的な風台風で、瓦屋根の被害などが突出して多く、ゴルフ練習場のネットの鉄柱倒壊、水上メガソーラー太陽光パネルの破損・火災なども発生した。また、首都圏および静岡県で少なくとも死者1名、重軽傷者90名以上の人的被害が発生した（図3）。

また、倒木や土砂崩れのために各地で道路が寸断された。また、強風で東京電力の送配電線が損傷し、千葉県では、広範囲で大規模な停電が発生

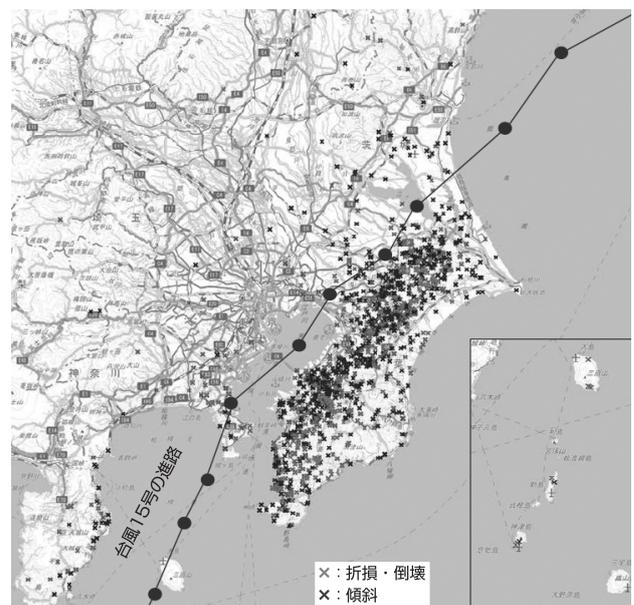


図3 台風15号の進路と電柱被害分布⁵⁾

表1 送変電施設の被害集計⁷⁾

送電設備			変電設備	
鉄塔		電線	がいし	がいし
倒壊	腕金・部材変形	素線切れ	破損	破断
2基	2基	2条	1連	1相

表2 配電施設の被害集計⁷⁾

架空線			地中線		
電柱 (折損・倒壊等)	電線 (断線・混線等)	変圧器 (損傷・傾斜等)	地上機器 (浸水等)	地上機器 (損傷・傾斜等)	ケーブル (損傷等)
1,996本	5,529径間	431台	0台	1台	0m

した。とくに、電力施設が最大の被害を受け、鉄塔や電柱の倒壊によって千葉県を中心に約93万戸に及ぶ大規模な停電が起こった。完全に復旧するまで19日間を要した。

②送配電設備の被害状況

送変電設備の被害状況は、表1に示すように送電鉄塔が2基倒壊し、電線切断が2条、変電所のがいし破断も起こった(写真2)。また、配電施設の被害は、表2に示すように電柱1,996本が傾斜、折損・倒壊するとともに(写真3)、電線が5,529径間で断線・混線等が発生した。千葉県内の市町ごとの総本数は、千葉市が最大で9.2万本、その他の市町は概ね数万本～数千本であった。



写真2 倒壊した送電鉄塔⁵⁾

③停電の復旧と課題

東京電力の復旧対応では、人数が約16,000名、他電力からの応援が約4,000名で、とくに初動対応には約6,010名、巡視200班と報告されている。一方、停電が顕著であった千葉エリアには、他会社から高圧電源車(写真4)や自動車メーカーの電気自動車(写真5)が電源として派遣され、電源復旧まで日常生活の支援が行われた。具体的には、避難所での携帯電話の充電や乳幼児、高齢者などがある個人宅や老人ホーム等で給電が行われた。

高圧送電は、280時間で復旧したが、低圧線や



写真3 配電設備にもたれかかる樹木⁶⁾



写真4 停電した下水処理場へ高圧電源車派遣⁶⁾



写真5 自動車メーカーの協力で64台のEV派遣⁶⁾

引込線の復旧には19日を要したといわれている。その後、自治体と自動車メーカー等が、災害時における電力の確保を目的として、災害時の連携に関する協定を締結する動きが全国に拡大している。また、令和2年7月に「災害時における電動車の活用促進マニュアル」(国土交通省)が公表されている。

④「隠れ停電」とは！

電力会社の発表では「停電解消エリア」となっているにもかかわらず、個別の住宅が停電している事例が多々ある。いわゆる「隠れ停電」である。その仕組みを図4に示す。現在の電力会社の停電情報システムは、高圧線の復旧作業が完了すると「停電解消」と表示されるが、高圧線から個別の需要家をつなぐ低圧線や引込線が損傷して停電していたとしても認識できないのである。つまり、個別の住宅などへとつながる配線の損傷は把握できない「隠れ停電」が発生する。各住宅ごとにスマートメーター

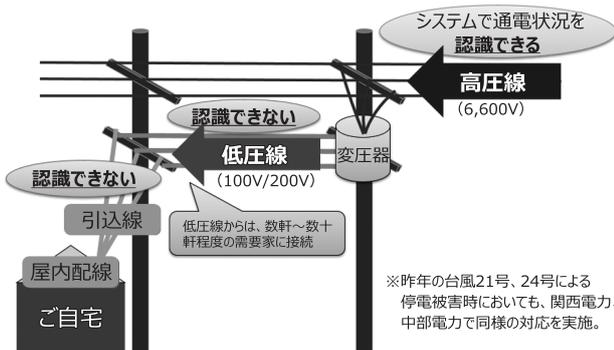


図4 「隠れ停電」が発生する仕組み

が設置されていると、個別の電力使用状況を把握できるが、現状でのカウントは難しい。北海道千歳市の近くの長沼町の別荘地帯に住む知り合いのメールでは、「当然停電した。電力会社からは50時間で復旧したと発表されたが、5日以上真っ暗だった」と連絡があった。

まとめ

- ①日本の高度な送電技術に裏打ちされた送受電システムにより、大規模停電は起こらないと言われていた。しかし、わずか1ヵ所の苫東厚真火力発電所が停止したことで、周波数が低下し、他の火力発電所をはじめ、水力発電所、風力発電所が次々と停止し、道内がすべて停電した。しかも、本州から送電網が整備されていたが、外部電源がないため、受電できなかった。
- ②北海道西南の日本海沿岸部に泊原発(約200万kW)が設置されている。福島原発事故以降、6年間にわたって停止しており、しかも燃料は冷却プールに保管されていた。停電により長時間にわたって冷却水が補給されなければ、核燃料の自己崩壊熱により核燃料の損壊やメルトダウンへと至る。原発の安全対策として核燃料の冷却は必須であり、外部電源が全くないことは極めて危険な状態なのである。幸い非常用ディーゼル発電機が稼働したので問題は起こらなかった。しかし、「外部電源ゼロ」の事態に陥ったことを深刻に受け止めなければならない。結果オーライでは済まないのである。

原発設置場所の上流部に大きなプール（ため池）を設けて、自然流下で冷却水を補給できる安全対策を考える必要があると強く思った。

- ③北本連系線で、本州との間で電力の送受電できるにもかかわらず、外部電源がなければ受電できないのである。本州からは直流で送電されるので、これを50Hz（ヘルツ）の交流に変換する必要がある。現在では、新たに外部電源なしでも送電できる自励式の連携線が整備されている。
- ④台風15号による被害は、送電設備のみならず倒木や土砂崩れなどで送電網が損壊し、大規模な停電を引き起こした。高圧送電線が倒壊したため、復旧に長時間を要した。しかし、低圧線や引込線については停電の状況が把握できなかったため、復旧までかなりの時間を要した。
- ⑤結果的に、従来の大規模電力供給システムは、災害時において対応が難しく、復旧に長時間を要することが明確になった。これを契機に地域の小規模送電網による風力や太陽光発電、蓄電池との組み合わせたマイクログリッド方式が、「地域活性化の切り札」と脚光を浴びている。
- ⑥また、停電時には、避難場所ごとに電力を供給できる電気自動車等が大きな役割を果たした。今後は、停電対策として電気自動車やプラグインハイブリッドカーなどの移動式蓄電池の活用が急速に拡大しそうである。

おわりに

日本では起こり得ないと言われた広域的な停電「ブラックアウト」が起こってしまった。経緯を精査すると、供給能力も十分に確保され、バックアップ電源も存在するにもかかわらず機能しなかったのである。地震や台風、津波など自然災害に対して電力システムを安定的に維持・作動する上で、バックアップ体制及び確実に機能する担保が必須であることを教えられる。また、大型台風による送電網の大規模な損壊は、長時間にわたって都市機能に多大な影響を及ぼし、現在の大規模電力供給システムでは、短期間の復旧は困難であることを教えられた。

これらの大規模な自然災害は、今後も頻発し、規模も大きくなると想定されることから、大規模電力供給システムを補完できる自然エネルギーなどによる地域の小規模送電網の拡大が大きな役割を果たすことを教えている。つまり、集中型電力供給システムを基本としつつ、地域の分散型エネルギー供給システムの拡大並びに共存が重要であることを示唆する。

再エネや蓄電池利用が災害時に大きな役割を果たすことはいくつか検証されており、国全体として取組みが始まった。今回は、地域マイクログリッド（小規模送電網）及び電気自動車等による電源確保について取り上げる。

〈引用・参考文献〉

- 1) 「日本初の“ブラックアウト”、その時一体何が起きたのか」；資源エネルギー庁（2018.11.2）
- 2) 北海道地震 ブラックアウトはなぜ起きたのか？；NHK（2018.12.7）
- 3) 平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検討委員会 最終報告；電力広域的運営推進機関（2018.12）
- 4) 資料2-1 大規模災害時における停電対策について；経済産業省（令和元年11月27日）
- 5) 令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故 調査検討ワーキンググループ 中間報告書(案)；2019年12月
- 6) 電気新聞「台風15号被害——オール電力で挑んだ停電復旧の軌跡 全国からの応援は最大規模。早期復旧を阻んだものとは」；電気新聞取材班；2019年10月2日
- 7) 台風15号に伴う停電復旧対応の振り返り；東京電力ホールディングス；2020年2月19日
- 8) 「台風」と「電力」～長期停電から考える電力のレジリエンス；資源エネルギー庁（2020.1.23）