

災害多発時代の電力システムと リスクマネジメント

安田 陽

やすだ よう

京都大学大学院経済学研究科 再生可能エネルギー経済学講座 特任教授

2019年は9月に千葉県内を中心に長期・大規模な停電をもたらした台風15号を始め、自然災害に起因する停電が相次ぎ、災害時の電力網のあり方が今一度考え直され始めている。

本報告では、2019年台風15号の被害と復旧状況を振り返り、メディア報道や一般送配電事業者・自治体の公表情報、さらには2020年1月になって相次いで公表された報告書を精査しながら、長期・大規模停電に対するリスクマネジメント(risk management)のありかたについて考察する。特に本稿では**不確実性(uncertainty)**を重要なキーワードとして挙げ、不確実性下の意思決定手法について論じる。

2019年台風15号の被害と原因調査

2019年の台風第15号(アジア名:Faxai)は2019年9月9日5:00前に強い勢力で千葉市付近に上陸し、千葉市で最大風速35.9 m/s、最大瞬間風速57.5 m/sを観測するなど、多くの地点で観測史上1位の最大風速や最大瞬間風速を観測する記録的な暴風となった¹⁾。

電力設備の被害としては、東京電力パワーグリッド(以下、「東京電力PG」)管内で最大93万4900戸の供給支障戸数に達し、復旧が完了したのは停電発生後16日という長期にわたる供給支障が発生した、というものであった。送変電・配電設備の被害状況としては、鉄塔倒壊が2基、変電設備のがいし破断が1相、架空配電線支持物の折損・倒壊等が1996本、架空配電線の断線・混線等が5529径間、変圧器の損傷・傾斜等が431台(地中線の被害は地上変圧器の損傷・傾斜等が1台のみ)といった

被害が報告されている^{2,3)}。

経産省WGの報告書³⁾によると送電鉄塔の倒壊の主要因は、「特殊な地形による突風により、当初の設計強度を大きく上回る荷重が発生し、先にNo.78鉄塔が倒壊し、それに引っ張られるかたちでNo.79鉄塔が倒壊したと考えられる」という見解が示されている(文献3, p.51)。

また東京電力ホールディングス(HD)の最終報告書²⁾からは、鉄塔倒壊は停電の長期化にはほとんど影響していないことが読み取れる。倒壊した66 kVの電圧階級の送電線路はループ状の電力系統の一部を構成しており、1つのルートが遮断されたとしても別のルートに迂回できるため、今回の台風15号による被害でも別ルートの送電線に迂回することで9月10日16時17分には復旧は完了している(文献2, p.15)。

つまり、台風15号による停電の完全復旧が380時間後(16日目)であったのに対し、鉄塔倒壊に起因する供給支障の復旧は約30時間後と、時間的には全体の1/10以下に過ぎない。また、送電鉄塔倒壊に起因する停電軒数も10万7000軒と全体(最大停電軒数)の11%程度に留まっている。

台風15号による停電が広域化・長期化した本質的な理由は、配電線の被害にある。電柱(架空配電線支持物)の被害の内訳をみると、総被害数1996本に対して「倒木・建物の倒壊」が1477本、「飛来物」が283本、「地盤の影響」が236本であるとされている(文献2, p.13)。また、事故後の現地調査等からの推定によっても、損壊原因が二次被害であることが確認されたものは1976本であり(文献3, p.26)、被害のあった電柱のうち実に

99%が第三者所有物の倒壊・飛散・土砂崩れなどによるいわゆる「もらい事故」であったことが明らかになっている。

鉄塔については現在、『電気設備に関する技術基準を定める省令』第32条に風圧荷重40m/sと定められているが、経産省WGの報告書³では鉄塔倒壊を踏まえた具体的な対策案として、この風圧荷重40m/sの考え方について、「現行の基準風速40m/sを維持するとともに、40m/sについて「10分間平均」を明確化」する形で見直しを検討されている(文献3, p.51)。

また電柱については、①電力会社と自治体・自衛隊との連携を通じた倒木処理・伐採の迅速化、自治体と連携した事前伐採の推進、②飛来物の飛散防止に関する注意喚起の徹底、③無電柱化の推進、という具体策を挙げている(文献3, p.63)。

不確実性との付き合い方

一般に、大きな災害があった後は原因究明や再発防止が叫ばれる。それ自体は重要ではあるものの、ややもすれば誰かをスケープゴートにして溜飲を下げて満足したり、「二度とこのようなことがないよう」(文献4の報道による菅原一秀経済産業相(当時)の発言)といった抽象的な要求に留まると、結果論として一過性の対症療法に陥りがちである。

これまでの議論で明らかになったとおり、台風15号による停電の直後には多くのメディアが東京電力PGに責があるかのような推測を公表したが、それらの多くが十分なエビデンスにもとづいておらず、実際には停電の長期化を引き起こした配電網の電柱倒壊は二次被害であることが明らかとなった。

例えば、鉄塔2基が倒壊してその画像が停電発生直後から多くのメディアで紹介されたため(例えば文献5,6など)、人々の耳目が鉄塔倒壊に集中したが、停電の長期化は送電線の鉄塔倒壊でなく配電線の電柱倒壊によるものであった。また、停電直後から原因究明も進まないうちから原因があたかも電力設備の老朽化や保守不足に関係するか

のような報道や(例えば文献7,8など)、風圧荷重の不足を連想させるような報道(例えば文献9など)も見られた。

このように、原因が十分明らかでない段階で、主原因とは推測しがたい事象が過剰に注目されメディアで取り上げられたり、十分なエビデンスや定量的な分析のない連想ゲームのような当て推量の情報が拡散すると、より本質的な架空配電線での多数の被害が相対的に軽視されることになる。これではまさに「誰かをスケープゴートにして溜飲を下げて満足」という一過性のパフォーマンスに相当し、問題解決からは程遠い。

メディアの関心やひいては市民の意識が「スケープゴート化」や「喉元過ぎれば熱さを忘れる」的な一過性の形式主義に陥りやすい原因としては、不確実性という概念が欠落し、それ故にリスクに対して正面から向き合っていないからではないかと筆者は推測している。

特に自然災害に起因する被害はその発生頻度や被害の大きさも決定論的に予測することはほぼ不可能であり、「二度とこのようなことがないよう」という0か1かの二元論ではなく、確率論的な考え方にもとづいてリスクを低減せざるを得ないことを認識することは重要である。

例えば、2019年台風15号による長期停電は被害が首都圏に隣接していたこともあり首都圏のメディアで大きく取り上げられたが、実は図1に示す通り、中国地方の集中豪雨や関西・中部地方の台風、北海道胆振東部地震による北海道ブラックアウトなどを立て続けに経験した前年2018年の方が、需要家あたりの年間停電時間が遥かに長いという統計データが推計されている(文献10, p.8)。日本の需要家あたりの年間停電時間は過去20年間ずっと30分程度に止まっており、この時間は世界最高レベルであるが、自然災害(台風や地震)があるとそれは数百時間に大きく跳ね上がる。数百時間は、東欧諸国や米国の(自然災害のない)平均的な都市の停電の値にほぼ相当する¹¹。災害多発時代を迎え、この停電時間の長さを日本全体で市民が許容するか、もしくは許容できないとした

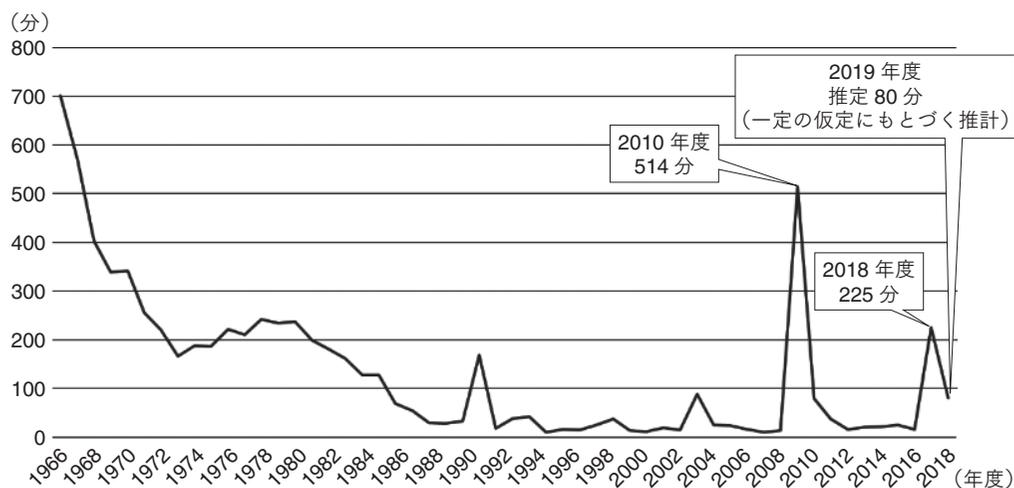


図1—日本の需要家あたりの年間停電時間¹⁰

らそれを回避するためにどのくらいのコストを支払うべきかが問われている。

電力システムの供給信頼度や停電(供給支障)に対する考え方は、世界中どの国でも(実は日本でも)確率論的指標が採用されており、例えば電力不足確率(LOLP: Loss of Load Probability)や系統平均停電時間指標(SAIDI: System Average Interruption Duration Index)などの確率統計的指標が用いられている(例えば文献11を参照のこと)。これらの用語は日本でも研究者や専門家の間では知られているが、メディアも含め市民全体にこのような確率統計的な考え方が浸透しているとは言いがたい。確率論的なリスクマネジメントの考え方が市民全体に浸透していないゆえに、0か1かの極端な二元論やゼロリスク信仰、さらにはスケープゴート化が発生しやすくなるものと推測できる。

停電が起こるかどうかが、またそれがどれくらい長引くかどうかは、決定論ではなく確率論でしか評価することはできず、その確率をゼロにすることを目指すのは技術的にも経済的にも現実的ではない。もしかしたら停電があるかもしれないという不確実性が存在すると、確かに人々は不安を覚えるかもしれないが、だからといってその不確実性を無視したり軽視すると、万一の際の適切な行動が取れずリスクがむしろ増大する可能性がある。

前節で紹介した通り、文献3では電柱倒壊防

止のための具体的な対策の一つとして無電柱化を挙げている。配電網の無電柱化(地中ケーブル化)は特に欧州諸国で促進されており、配電線の地中ケーブル化が進むと平均停電時間も減少する傾向があることが明らかになっている¹¹。

地中化は日本でも停電時間の減少に役立つと期待できるが、単に賛成/反対の二元論的議論ではなく、どのような地域や系統構成で有効なのか、どの地域から優先して行うべきかを費用便益分析(CBA: Cost-Benefit Analysis)など地域ごとの詳細な定量分析によって議論しなければならない(CBAについては次節で詳述)。

ここで重要なことは、「長期停電は二度と起こしてはならない」という非現実的なゼロリスク(不確実性ゼロ)をめざすのではなく、リスクや不確実性を実現可能な範囲でできるだけ低く(ALARA: as low as reasonably achievable)することである。

長期停電が起こることは望ましくないが、「二度とないよう」というスローガンはややもすれば「停電を起こさないこと」が主目的となってしまうがちである。しかし、本来のリスク低減の観点からは、「万一長期停電が起こった際にも人々の生命や健康に重大な(特に不可逆的な)影響を及ぼさないこと」が目的であるべきである。ゼロリスクの考え方は目的が容易に変質しがちで、リスク低減を阻害する可能性すらある。ALARAの原則は

放射線に対する人体の影響などで有名であるが、どの分野のリスクマネジメントに対しても有効である。

リスクマネジメントと費用便益分析

前節で登場した費用便益分析(CBA)という定量分析の手法は、意思決定や政策決定のための補助ツールとして欧米では広く用いられている。そもそも「CBA(費用・便益分析)の広義の目的は、社会的意思決定を支援すること」¹²である。

CBAは、日本でも特に公共事業の分野では早くから導入が進められており、例えば国土交通省道路局では道路の建設の際に地域に便益がもたらされるかどうかの評価手法をマニュアル化し推奨している¹³。エネルギーや電力の分野でも欧米ではCBAが発達しており、再生可能エネルギーの大量導入やそれを受け入れるための電力システムへの投資が世界規模で促進されるのもCBAによる定量分析の理論的裏付けがあるからである^{14,15}。また、リスクマネジメントの分野でも、例えばIEC 62305-2:2010「雷保護—第2部：リスクマネジメント」(未邦訳)では、CBAによる定量評価を推奨している¹⁶。

このような客観的評価手法にもとづく政策決定手法は、近年各国で採用されている根拠にもとづく(エビデンスベースの)政策(EBP: Evidence-Based Policy Making)や規制影響評価(RIA: Regulatory Impact Assessment)の流れに共通する。

RIAの歴史は、米国では1981年の大統領令12991号¹⁷にまで遡る。RIAの評価手法の多くはCBAであり、ある政策や規制のある／なしといった複数のシナリオを想定して感度分析(sensitivity analysis)を行ってそのコストや便益の差を検証することにより、導入を検討している政策や規制の客観的定量評価を行うことが可能である。特に災害対策という未来の確率的事象に関しては、「わからないからやっても仕方ない」という考えではなく、複数のシナリオや多様なパラメーター設定による感度分析を行い、不確実性を予め織り込

んだ定量分析が必要である。

また、RIAには事前評価と事後評価があり、政策実施後数年経ってから、政策決定以前の子測に瑕疵や不備がなかったか、計画通りに政策が執行されているか、などを定量評価することも可能である。

例えば、災害対策と称して定置型蓄電池の導入や家庭用蓄電池に対して補助金を出す自治体も増えているが、これも厳密にRIAやCBAなどの定量分析を行わないと、投資したコストに見合わないばかりか便益も期待できず地域に負の効果しかもたらさない可能性がある。

2019年台風15号の被害に際しても、太陽光発電や家庭用蓄電池のおかげで長期停電の最中も冷蔵庫の食材が腐らなかつたとかお風呂に入れたというエピソードもニュースやSNSで多数みられている。しかし、本来、防災対策の導入にあたっては、予想される被害コストと対策のための導入コストを比較して、費用対効果があるか(費用便益比が1を超えるか)を冷静に計算する必要がある。

上記の例では、食材が腐ったりお風呂に入れなかつた場合の予想被害コストが太陽光や蓄電池の導入コストに見合うかどうかの冷静な検証が必要である(もちろん、太陽光発電には防災だけでなく別の便益もあるが)。経済的に裕福な人が自らの安心や快適さの維持のために費用対効果が望めなくても快く投資を判断するのであれば悪い話ではないが、定量的な費用対効果を十分説明せず、消費者の不安を煽る形で太陽光発電や蓄電池の導入を進める業者がいたとしたら、それは悪徳な「不安商法」であるといわざるを得ない。

また、地域全体に十分な便益が見込まれることをCBAなどにより定量的に検証せずに自治体が地方税や国税を原資に蓄電池に補助金を交付した場合、その政策に正当性はなく、むしろ経済的弱者から富裕層への逆分配になってしまう可能性すらある。

一方、避けるべき重大かつ不可逆的なリスクとしては、家庭で医療機器による介護を受けている人の医療機器の停止による死亡リスクや、冷暖房

の途絶によるお年寄りや子どもなどの健康へのリスクが挙げられる。本来このようなリスクこそ最重要視しなければならないが、それらに対する議論が多く自治体で進められているという傾向は残念ながらあまりみられない。不可逆的なリスクこそ、自治体が率先してその地域の固有の環境に即した対策を講じる必要がある。

さらには家庭でできる自衛策として、携帯電話やラジオなどの通信機器の電源の確保が重要だが、それは乾電池や手回し発電機、ポータブル太陽電池で十分であり、備えがあればそのためだけに電源車が派遣される避難所で行列を作る必要はない。

逆に、夏の酷暑の際にクーラーを動かすためには家庭用屋根置き太陽光パネルや蓄電池では電力を賄うには不十分である。お年寄りや子どもがいる家庭では、体調の異変を感じたら速やかに避難所を移動することが必要であり、長期停電の際も地震や水害と同じ扱いで、避難所で最低限の健康を維持できる環境を自治体が構築する必要がある。

冬の極寒の際に停電があった場合にも、暖房のためのエネルギー源をエネルギー密度の低い自然エネルギーに頼るのは土台無理な話で、それこそエネルギー密度の高い化石燃料を備蓄する方が合理的である場合も多い。その場合でも、電源コンセントにつながらないと稼働しない石油ストーブやガスヒーター機器では本末転倒で、電池駆動が可能な暖房機器への切り替えは消費者が自衛のために今からできる行動のうちの一つである。また、そうした消費者行動を促すための助成や啓発こそ自治体がまず検討すべきであろう。

さらに長期的な議論としては、高気密高断熱の建築に対する奨励や補助なども有効である。これは一般家庭だけでなく、万一の際の避難所となる公民館や体育館などでも有用であり、電気や化石燃料に頼らない熱利用や断熱の議論こそ、万一の停電の際のリスク低減に効果を発揮するだろう。

そのような議論をし尽くした上で、さらに電気自動車の車載蓄電池の有効利用などの新技術を活用した議論があると望ましく、より安価な他の手段を考える前に「防災といえば蓄電池」という定

量評価なき安易な発想では、真の意味のリスクマネジメントからはますます遠ざかってしまうだろう。

日本産業規格 JIS Q0073:2010『リスクマネジメント—用語』によると、リスクマネジメントとは「リスクに対する、組織を指揮統制するための調整された活動」と定義されている¹⁸。ここで「調整された活動」という点が重要であり、定量評価のない場当たりの対症療法では、リスクマネジメントとは到底言えない。そのような認識を、国民全体で共有する必要がある。

科学万能主義を超えて

現代科学の恩恵に浴してその恩恵があまりにも無自覚になりすぎている我々現代人は、ややもすれば「科学が完璧なもの」「科学をもってすれば何でもわかる」「科学が進歩すれば解決する」という幻想を抱きすぎているのではなからうか。

科学はそれ自体に「神」のような完全性を求める思想体系ではない。一般的に我々を取り巻く環境では、ほとんどの場合、入手可能な情報が不完全で誤差や欠損もあり、過去や現在のことでも「完全に把握」することが困難な場合も多い。ましてや将来予測はどのようなモデルを選択しどのような条件を重視(無視)するかによって推測によって得られうる結果も異なり、そこに不確実性が発生する。

この不確実性に注意を払わないと、容易に科学万能論に嵌ってしまい、あたかも科学をもって自然を制服し地球環境を支配できるといった考えのもとに、持続可能でない誤った自然開発を招くことになりかねない。その手痛いしっぺ返しが気候変動問題という形で我々(および我々の子孫)に降りかかってきている状況だとも言える。

残念ながら科学に直接的に携わる専門家の間でも統計学や疫学など不確実性を取り扱う学問分野やその手法を軽視する傾向が少なくなく、しばしば公害や環境問題を中心に、因果関係や影響の度合いに不確実性があるが故に問題が先送りされる

ことも多い(気候変動問題は其の最たる例と言えらる)。ましてや日本では、学校において知識偏重型の詰め込み教育の傾向があるのか、高等教育を受けた人々の間でも、論理的な思考方法や確率論的なリスクマネジメントの考え方を系統立てて教わる機会がほとんどない。そのような状況では、不確実性の存在を忌避して科学を絶対視する極端な言説が一般の人々(政策決定者やジャーナリストも含む)を魅了し、彼らの不安を霧散させ心地よく見えてしまうとしても不思議ではないだろう。

科学に対してあまりにも幻想を抱き、不確実性という概念を欠落させたまま原因究明や再発防止の旗を振ったとしても、それは「わからないものはなかったことにする」「誰かをスケープゴートにして溜飲を下げる」という思考停止や問題隠蔽の温床になりやすい。

科学の本質とは、不確実性と向き合い、それとうまく付き合うことにほかならない。災害多発時代を目の前にして、我々は「不確実性」が内在するという科学の本質をすっかり忘れてはいないだろうか。議論はそこから始めなければならない。

文献

- 1—内閣府: 令和元年台風15号に係る被害状況等について(令和元年12月5日17時00分現在)
- 2—東京電力ホールディングス: 台風15号対応検証委員会報告書(最終報告), 2020年1月26日
- 3—経済産業省令和元年台風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, 2020年1月21日
- 4—共同通信: 東電、停電復旧見通しの混乱謝罪 社長が経産相に、台風15号被害, 2019年10月1日, <https://this.kiji.is/551722033555407969>
- 5—産経新聞: なぜ停電の長期化を招いたのか 予想以上の風の猛威に「見通し甘かった」, 2019年9月12日, <https://www.sankei.com/affairs/news/190912/af1909120042-n1.html>
- 6—時事ドットコム: 安全基準・設備更新で課題=停電復旧, 想定外の長期戦に, 2019年9月14日, <https://www.jiji.com/jc/article?k=2019091400115>
- 7—日本経済新聞: 東電、送電投資の抑制響く 停電復旧13日以降に, 2019年9月11日, <https://www.nikkei.com/article/DGXMZ049702220R10C19A9EA1000/>
- 8—AERA: 台風15号の大規模停電 送電設備の老朽化の影響は?, 2019年10月1日, <https://dot.asahi.com/aera/201909300067.html>
- 9—週プレ NEWS: 千葉県を襲った台風で2000本が倒壊・損傷。

- 東電の電柱はなぜ弱かった?, 2019年10月7日, <https://wpb.shueisha.co.jp/news/society/2019/10/07/109875/>
- 10—経済産業省 電力レジリエンスワーキンググループ: 台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ, 2020年1月10日, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/pdf/20200110_report_02.pdf
 - 11—安田陽: 世界の再生可能エネルギーと電力システム～電力システム編, インプレス R&D(2018)
 - 12—A. E. ボードマン他: 費用・便益分析——公共プロジェクトの評価手法の理論と実践, ピアソン(2004)
 - 13—国土交通省道路局: 費用便益マニュアル(2018)
 - 14—IRENA(International Renewable Energy Agency): Roadmap for a Renewable Energy Future, 2016 Edition(2016)
 - 15—ENTSO-E: ENTSO-E 2025, 2030, 2040 Network Development Plan 2018, Connecting Europe: Electricity—Final version after consultation and ACER opinion—(2019)
 - 16—IEC 62305-2: Protection against Lightning—Part 2: Risk Management, Edition 2.0(2010)
 - 17—U.S. Federal Government: Executive Order 12291 of Feb. 17, 1981—Federal regulation(1981)
 - 18—日本産業規格 JIS Q0073: リスクマネジメント—用語(2010)