

## 電力供給リスク低減効果を考慮した分散型電源導入量の最適化

中央大学 学生会員 ○佐貫 亮太 中央大学 正会員 佐藤 尚次

## 1. はじめに

近年導入が進む再生可能エネルギーは分散型電源に適していると考えられている。我が国は自然災害による被害が多く、電力系統設備も例外ではない。分散型電源は地域規模で電力を供給するため、大規模電源の事故による電力供給リスクを低減できると考えられる。本研究では、自然災害時の電力リスクを定量化し、リスクを最小化する最適な分散型電源導入量を算出することを目的とする。

しかし自然災害には様々あり、設備や発電方式によってもそれぞれの災害に対する脆弱性が異なるため、本研究では、まず災害ごと、電力設備ごとに脆弱性分析を行い、設備によって異なる災害耐性を明らかにする。

## 2. 研究の対象

本研究にて対象とする自然災害は地震、台風、落雷とする。台風は風と雨による影響を考える。

また、導入を考える分散型電源は太陽光発電と風力発電とする。どちらも場所を限らず、分散型電源に適しているため対象とした。

## 3. 研究フロー

始めに自然災害による電力リスクを算出するため、各電力設備の災害時被害確率を求めていく。自然災害ごと、設備ごとに被害率を求める。地震と台風による被害は過去の災害事例をもとに被害率曲線を作成する。落雷については大地雷撃密度や等価受雷面積から被害率を計算する。また、被害があった設備の停止期間も推定する。

次に、推定した各電力設備の災害時被害率データを用いて、実際の電力系統に仮想の自然災害を発生させることで、系統内の電力リスクを算出する。さらに、リスクの大きい地点に分散型電源を導入した場合のリスクの低減効果を調べる。

## 4. 被害率曲線の作成

過去の被害事例が比較的多かった設備について被害率曲線を作成した。ここでは、災害による運転停止など電力供給に支障があったものを被害ありとする。設備の被害率は対数正規分布に従うと仮定し、被害率曲線は、最尤法を用いてパラメーターを推定する湯山らの方法を参考に作成した。

災害強さの指標は地震では計測震度、強風では最大風速、浸水では1時間降水量の最大値とした。

以上のことから、推定した電力系統設備とパラメーターを表-1に示す。

## 5. 落雷による被害

落雷の被害を考える電力設備は、送電鉄塔、風力発電とする。落雷による年間設備被害回数  $N$ (回)を、式(1)に表す。

表-1 パラメーター推定結果

地震	$\mu$	$\sigma$	強風	$\mu$	$\sigma$
火力	1.71	0.099	送電	8.38	1.46
水力	2.09	0.26	太陽光	4.32	0.82
送電	2.29	0.19	風力	5.1	0.81
変電	2.26	0.24	大雨	$\mu$	$\sigma$
太陽光	2.22	0.24	水力	4.27	0.92
			変電	4.86	0.43
			太陽光	8.49	2.32

表-2 停止日数の確率分布とパラメーター

災害	設備	確率分布	パラメーター	
地震	火力	対数正規	$\mu=1.83$	$\sigma=1.86$
	水力	指数	$\mu=0.0054$	
強風	風力	指数	$\mu=0.0045$	
大雨	水力	指数	$\mu=0.0019$	
落雷	風力	対数正規	$\mu=3.19$	$\sigma=1.20$

$$N = N_g A P \quad (1)$$

ここで、 $N_g$ (回/年 $\cdot$ km $^2$ )は大地雷撃密度、 $A$ (km $^2$ )は設備の等価受雷面積、 $P$ は設備の落雷被害率を表す。

落雷被害率は日本工業規格で定められる保護レベルに基づいて求める。保護レベルは構造物を落雷から保護する確率を示す保護効率に応じて分類されており、発電所は保護効率 98%の保護レベルに区分されているため、落雷被害率は2%とする。

## 6. 電力設備の停止期間の検討

電力設備の停止日数を関数として推定する。停止した設備の時点  $t$  における運転開始確率  $F(t)$  は式(2)で表される。

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx \quad (2)$$

$f(x)$  は指数分布、ワイブル分布、対数正規分布のいずれかとする。過去の電力設備の停止期間の実績から、最尤法を用いてこれらの分布へあてはめ、AICを用いて適合度を比較し、最も適合度の高い確率分布を  $f(x)$  とする。

表-2に各災害、設備の停止期間について、適合度の高かった確率分布とパラメーターを示す。

## 7. 仮想災害による電力リスク

本節では実系統に仮想の自然災害を発生させた際の電力供給リスクを算出する。

本研究では対象地域を東北地方として、東北電力株式会社の電力基幹系統を対象にシミュレーションを行う。東北地方は電力系統が広大で、需要家まで長距離送電する地域が多いため、自然災害による電力リスクが大きいと考えられる。さらに、太陽光、風力共に導入ポテンシャルが高いため対象地域に選定した。

シミュレーションに用いる仮想の自然災害について、地震は地震ハザードステーションの想定地震地図<sup>2)</sup>より発生確率と想定震度を調べた。落雷については落雷日数マップ<sup>3)</sup>より大地雷撃密度を設定した。台風については、気象庁ベストトラックデータから東北地方に接近した台風を抽出し、これをもとに中心気圧深度や進行速度といった特性を推定した。仮想台風の地点別最大風速は光田らの方法<sup>4)</sup>を参考に計算し、降水量は気象庁の確率降水量推定方法を参考に観測地ごとに確率分布を作成した。

以上のように設定した仮想の自然災害によって系統設備が被害を受けた際の電力供給支障量を電力リスクとして算出する。

20年のシミュレーションを50回行った結果を図-1に示す。色のついた電力リスクが大きい場所は、比較的発電所から送電距離が遠く、基幹送電線の接続が少ない場合が多く見受けられた。

8. 分散型電源導入による電力リスク低減効果

図-1の結果と太陽光・風力の導入ポテンシャルから岩手県宮古市に分散型電源を導入した場合の電力リスク低減効果を算出する。太陽光発電、風力発電の1時間あたりの発電量をそれぞれ式(3)、式(4)に示す。

$$E_{ph} = \frac{0.73PH}{24} \quad (3)$$

$$E_{wh} = \frac{1}{2} \rho \left( \frac{\pi R^2}{4} \right) V^3 \quad (4)$$

$E_{ph}$ (kWh)は太陽光発電の1時間あたりの発電量、 $P$ (kW)は太陽光発電出力、 $H$ (kWh/m<sup>2</sup>/日)は1日あたりの平均日射量を表す。 $E_{wh}$ (Wh)は風車1基の1時間あたりの発電量、 $\rho$ (kg/m<sup>3</sup>)は空気密度、 $R$ (m)は風車直径、 $V$ (m/s)は風速を表す。ある地点の出現風速の度数分布関数はワイブル分布に従う。対象地の日射量・風況データを表-3に示す。

これらのデータを用いて対象地点への太陽光発電と風力発電の導入量をそれぞれ10MW区切りで変化させた場合の電力リスク低減効果を算出した。風力発電については10MW導入するとき、出力2.5MWの風車を4基導入したと考える。結果を図-2に示す。

9. おわりに

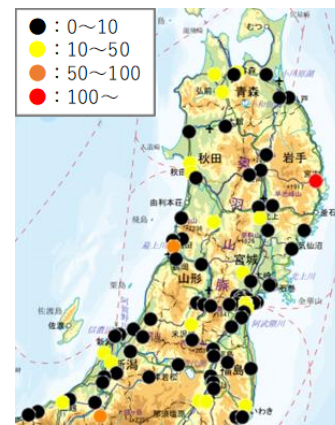


図-1 東北各地の1年あたりの平均電力不足量(MW/年)

表-3 対象地点の日射量・風況

太陽光発電の月別平均日射量(kWh/m <sup>2</sup> /日)												
4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
4.74	4.47	4.2	3.92	4.14	3.58	3.81	3.62	3.48	3.87	4.28	4.59	

地上70m付近の風況	
年平均風速(m/s)	6.1
ワイブル分布パラメーター	
c	6.91
k	1.64

本稿では、複数の災害に対する電力リスクを算出し、リスクの高い地域に太陽光・風力といった分散型電源を導入することによる電力リスクの低減効果を調べた。今後は経済性も考慮し、最適な分散型電源導入量を算出することを目標とする。

参考文献・出典

- 湯山安由美, 梶谷義雄 2011年東日本大震災のデータに基づく火力発電所の被害・復旧関数の推計 土木学会論文集 A1, Vol. 70, No.4, I\_664-I677, 2014
- 地震ハザードステーション J-SHIS MAP
- フランクリン・ジャパン 落雷日数マップ 2021年度 10kmメッシュ
- 藤井健, 光田寧 台風の確率モデルの作成とそれによる強風のシミュレーション 京都大学防災研究所年報 第29号 B-1 昭和61年4月
- 光田寧 台風による風災害の予測について 京都大学防災研究所年報 第40号 A 平成9年4月

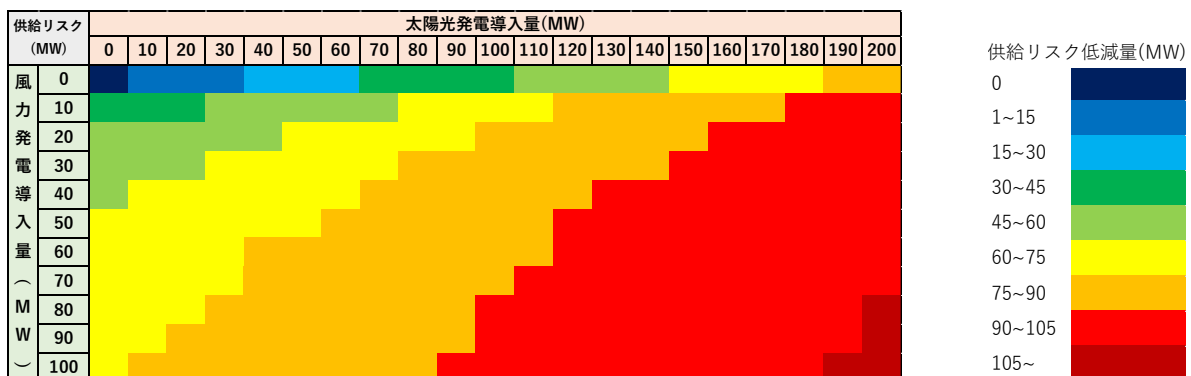


図-2 分散型電源による電力リスク低減量(MW/年)