

気候変動 電力セクターの脆弱性が浮き彫りに

深野 照日
ワンダーニュース

2020年11月18日

目次

はじめに	1
第 1 章 気象災害別リスク	3
1. 降水量の変化と洪水・浸水被害	3
2. 海面上昇、暴風、高波、高潮	6
3. 気温の上昇	7
第 2 章 電源別リスク	9
1. 原子力および火力発電と水温上昇	9
北欧の事例	
フランスの事例	
米国の事例	
2. 水力発電	13
3. 再生可能エネルギー	14
第 3 章 変電所および送配電設備別リスク	15
第 4 章 停電の長期化	18
第 5 章 適応策	19
将来の見通し	20
参考文献・資料	22

気候変動 電力セクターの脆弱性が浮き彫りに

はじめに

「緩和策」と「適応策」は気候変動対策の両輪であり、どちらが欠けても気候変動の脅威を防ぐことはできない。「緩和策」とは温室効果ガス、特に地球温暖化に最も大きな影響を及ぼす二酸化炭素（以下、「CO₂」）の排出量削減を指す。一方、「適応策」とは気候変動によって起きる災害被害の予測、並びに被害の未然防止または低減のための適切な対策の実施、あるいはこれらの対策を通じてどのような変化にも柔軟に対応できる能力、すなわちレジリエンス（回復力または強靭さ）を高めることを指す。

社会インフラのなかでも電力はとりわけ、異常気象による自然災害に脆弱と言わざるを得ない。例えば電力システムの主な事故原因をみると、水力設備では水害、火力設備では地震、変電所は水害と地震、送電線は雷、配電線は風雨と雷が圧倒的に多い。これまで電気事業者は災害に強い設備作りに腐心し、被災時の影響軽減や迅速な復旧に取り組み、電力の供給信頼度において世界でもきわめて高いレベルを実現してきた。しかし、地球温暖化が進むなか、「前代未聞」「観測史上初」といわれる異常な高温、熱波、干ばつ、豪雨、強度を増す台風の頻度が増えており、エネルギー・システムを取りまく自然環境が一変する可能性がある。そうなれば、電力供給が不安定になるリスクが高まる。電力インフラを守りぬくには、電気事業者は緩和策の実行と並行して電力特有の適応策にも取り組むことが求められる。

まず第一に実施すべきは、エネルギー・システムの脆弱性を洗い出し、現行の設計・安全基準などを見直すハードニングを通じて電力インフラを再構築する「適応策」である。停電は交通システムや通信システムなどの社会インフラ、さらにその他の重要産業にも大きな経済損失をもたらす。また、医療現場にも深刻な影響を与え、人命被害が生じる可能性さえある。適応策はいわば未来への先行投資と言えよう。この投資は十分な回収が見込めるだけでなく、さまざまな相乗効果が期待できる。

本稿では、気候変動による多様な自然災害が各電源をはじめ電力システム全体に与える具体的なリスクを検証し、緩和策と適応策が災害被害の軽減ないし防止に果たす役割について述べる。

許可なく転載することを禁じます。

ワンダーニュースが運営するサイト（「WONDER*WONDER」）に掲載しているコンテンツの著作権は当社、情報提供者または正当な権利を有する第三者に帰属します。この場合、コンテンツとは記事およびデータをさします。本書に記載されている内容を引用、参照および（または）参考にする場合は、出所を明示することが求められます。

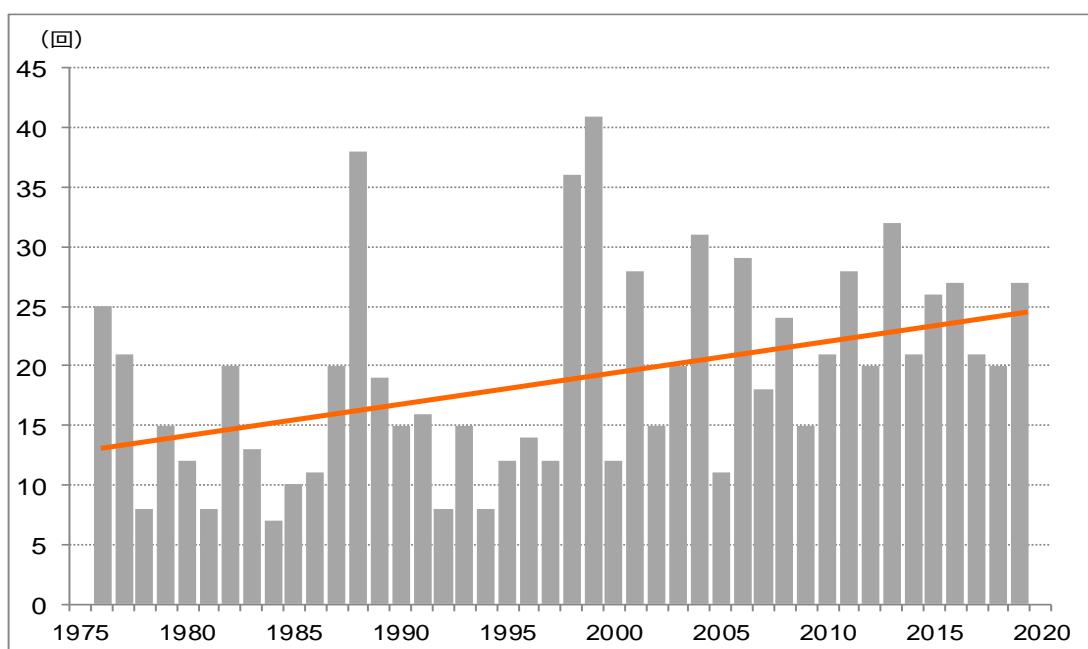
ワンダーニュース

第1章 気象災害別リスク

1. 降水量の変化と洪水・浸水被害

大型の台風の上陸数、前線による大雨や豪雨など、自然災害の発生が頻発・激甚化している。また雨の降り方にも大きな変化が見られる。1時間当たりの降水量が80mmを超える「猛烈な雨」の発生回数が増加傾向にある(図1)。これに伴い、(津波を含む)水害被害額の増加が顕著だ(図2)。特に、電力と運輸業界は水害被害に弱く、公益事業の被害額の8割を占める(図3)。

図1 全国の1時間降水量80mm以上の年間発生回数の経年変化(1976-2019年)

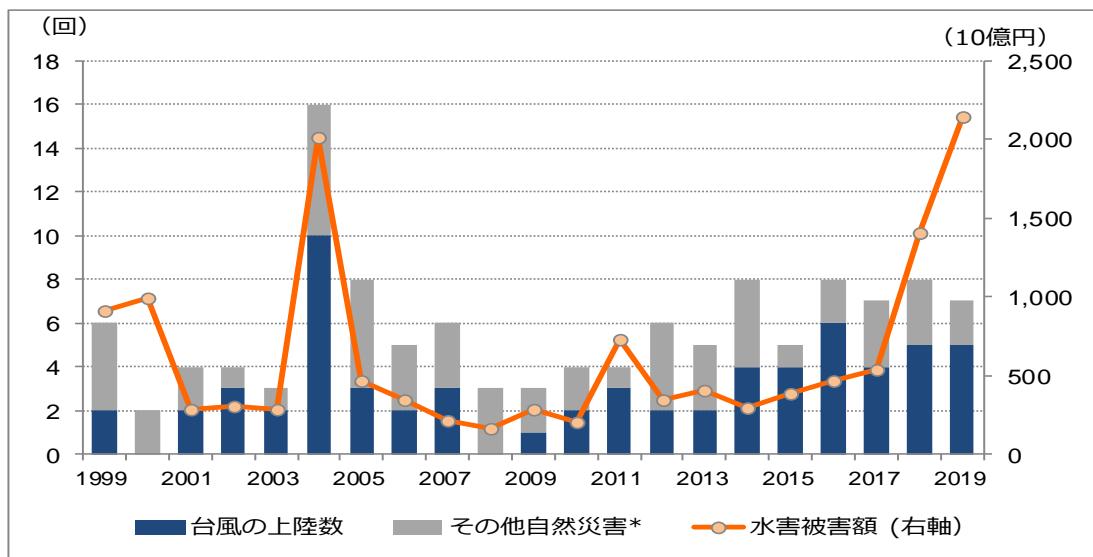


出所: 気象庁

1,300地点当たりの発生回数

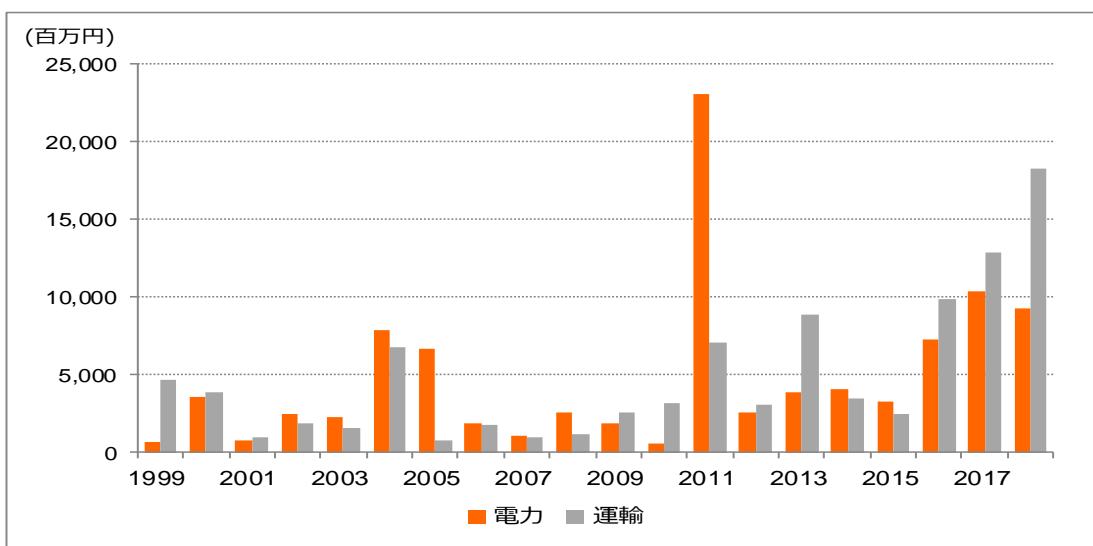
直線(オレンジ)は長期変化傾向(この期間の平均的な変化傾向)を示す。

図2 水害被害額と災害をもたらした気象事例（1999-2019年）



出所：気象庁¹および国土交通省² * その他自然災害：前線などの影響による大雨、豪雨、大雪、暴風、高潮

図3 公益事業の水害被害額(1999-2018)



出所：国土交通省「水害統計調査」

¹気象庁、「災害をもたらした気象事例」と「平成31年・令和元年(2019年)全国災害時気象概況」令和2年3月。See https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html (as of 2020/7)

²国土交通省「水害統計調査」。See https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/suigaitoukei/index.html (as of 2020/7)

表1 東日本大震災による浸水状況と火力発電所の停止日数

事業者	発電所	発電能力 [万kW]	燃料	浸水深 [GL+m]	ユニット数 (停止・被災/総数)	停止日数	
						(1基目)	(全基)
東北電力	原町	200	石炭	13	2/2	749	777
東北電力	仙台	44.6	LNG	4.7	1/1	334	0
東北電力	新仙台	95	石油	3	2/2	291	廃止
相馬共同*	新地	200	石炭	3	2/2	283	291
常磐共同*	勿来	162.5	石油・石炭	1.8	4/4	111	407
東京電力	常陸那珂	114	石炭	1.5	1/1	65	0
鹿島共同	鹿島共同	105	石油	NA	3/3	36	131
東京電力	鹿島	440	石油	1	6/6	21	66
東京電力	東扇島	200	LNG	NA	1/2	13	0
東北電力	八戸	25	石油	0.5	1/1	9	0
東京電力	大井	105	石油	NA	2/3	2	6
東北電力	能代	120	石炭	NA	2/2	2	3
東北電力	秋田	130	石油	NA	3/3	1	1
Jパワー	磯子	120	石炭	NA	1/2	1	0
酒田共同**	酒田共同	70	石炭	NA	1/2	1	0

出所：湯山安由美,梶谷義男,「2011 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」

*：東京電力と東北電力のJV **：東北電力のグループ会社

十分な災害対策が講じられていない火力や水力発電所、変電所は浸水被害への備えが不可欠だ。原発は福島第一原発事故後、津波などを想定した浸水対策の強化を図っているが、他の電源はほぼ手つかずの状態だ。2011年3月に発生した東日本大震災では、太平洋沿岸に立地する火力発電所の多くが津波による浸水被害を受けた。被災した火力発電所では、運転再開までに少なくとも1週間、被害が大きなものでは2年以上を要しており、浸水深が大きくなるほど停止期間が長期化した（表1）³。敷地内でも海側に設置されている港湾・荷役設備、燃料貯蔵・輸送設備、給排水設備は特に被害が大きかった。

³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」2014年2月22日, I-668. (as of 2020/8/18)

2. 海面上昇、暴風、高波、高潮

海水は熱で温められると膨張し、海面が上昇する。1901年から2010年までに地球上の平均海面水位は18.7cm上昇したと推測される。年間で平均1.7mm上昇したことになる。地球温暖化で海が温められ、大陸氷河・氷床が解け続いている。特に1992年から2010年までの期間では、年間3.2mm上昇しており海面上昇スピードの加速は明らかである。

アメリカ海洋大気庁（以下、「NOAA」）が2012年にまとめた全米気候評価報告書によると、2100年までに世界の海面は少なくとも0.2mから2m未満まで上昇する確率が高い⁴。予測値に開きがあるのは、将来の温室効果ガスの排出量の動向、さらにグリーンランドおよび南極大陸の氷河・氷床融解の範囲とスピードに左右されるからだ。海面上昇については、欧米の科学者らによる国際的な調査が進められており、NOAAの予測値よりも厳しい見通しが示される可能性が高い。海面上昇、満潮時の高潮、台風や強風による高波などいくつかの気象条件が重なると、発電所の浸水、港湾施設の破壊、沿岸部に整備されたエネルギーインフラの冠水と、被害が拡大するリスクが高まる。

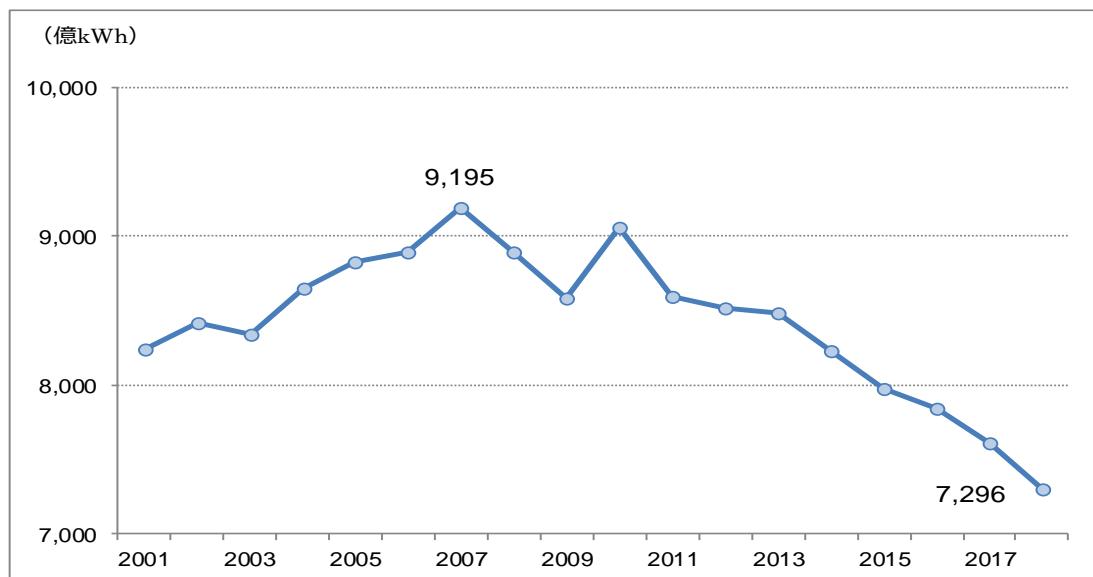
⁴ Adam Parris et al., NOAA, "Global Sea Level Rise Scenarios for the United States National Climate Assessment", December 6, 2012, p.1.

3. 気温の上昇

冷房の稼働が増え電力需要が伸びる夏はピーク電力を押し上げ、供給能力の上限に迫る可能性がある。大雪が降った年を除くと、冬の暖房需要は弱い。国内の電力需要は2007年をピークに下降傾向にあるが（図4）、冷房の稼働が増える7月から9月までは例年、電力需要が拡大する（図5）。地球温暖化が進むと、夏場の電力需要はさらに強まる予想される。ピーク負荷の低減には、蓄電池で補うなどの対策が求められる。

外気温が高い夏は火力、原子力および太陽光発電などの電源の発電効率が低下するため、発電量が減少に転ずる。石油、天然ガス（LNG）および石炭火力発電では、空気圧縮機を経て燃焼器に取り込む空気量は大気温度によって変化する。そのため、外気温が高いと発電量は低下する。ガスタービン発電（コンバインドサイクル）を例にあげると、夏季の供給力は設備容量に比べて10～20%低下する。同じく原子力発電でも、気温が1°C上昇すると約0.5%の出力低下が見込まれる⁵。太陽光発電でも、気温が高い夏はパネルの表面温度が上昇し発電効率が下がる。

図4 年間需要電力量(2001-2018)

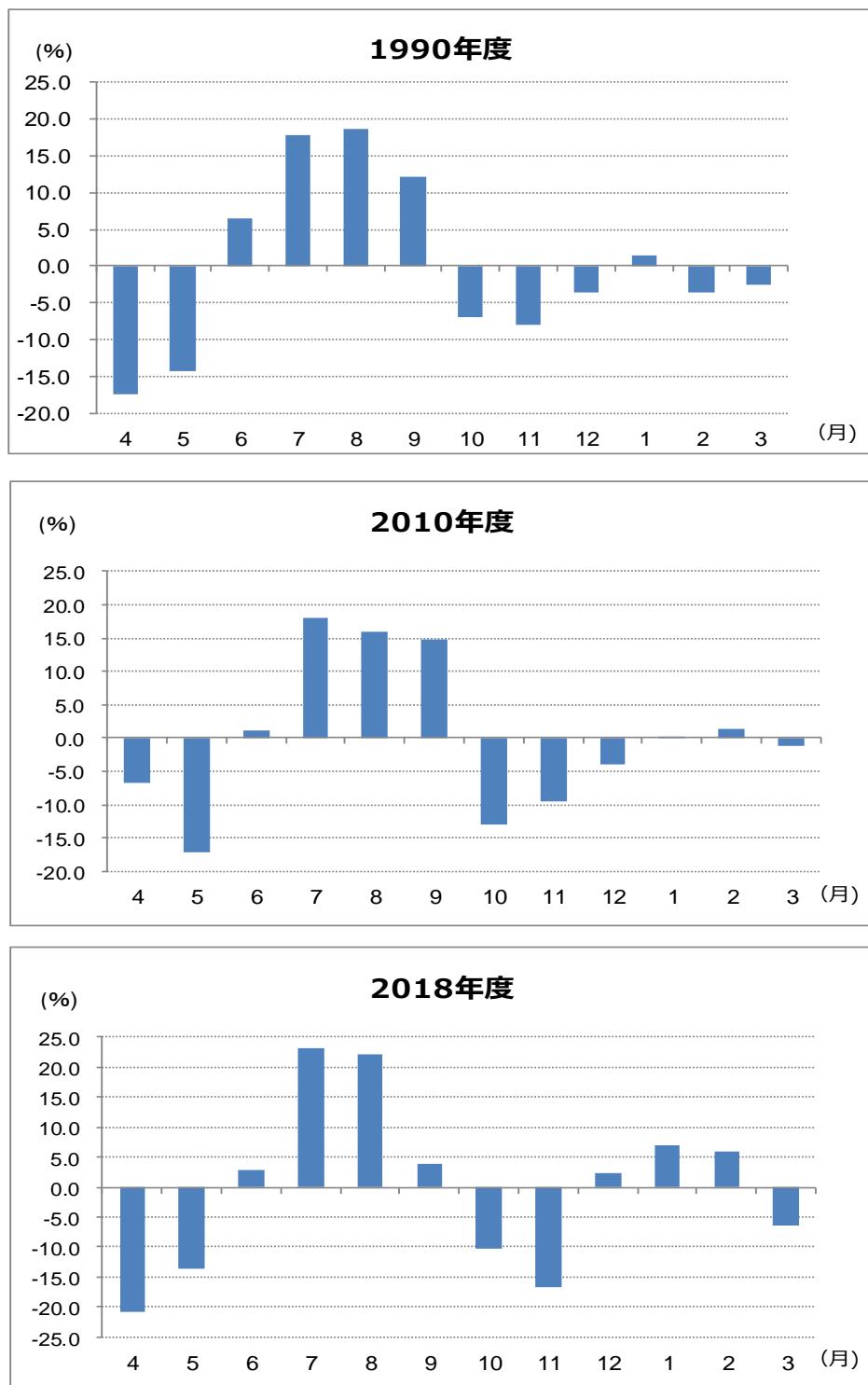


出所：経産省 製品評価技術基盤機構（NITE）⁶

⁵ DOE, "U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather", July 2013, p.10.

⁶ 経産省 製品評価技術基盤機構（NITE）「電気保安統計」2009年度と2018年度, P25.

図5 電力需要の季節変動 (東京電力)



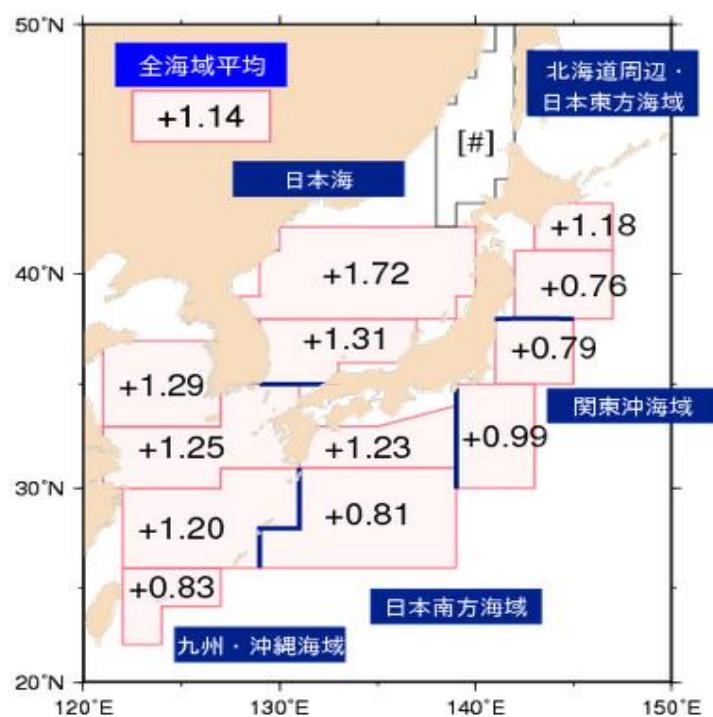
出所：東京電力ホールディングス「月別最大電力（1日最大）」をもとにワンダーニュースが算出し作成。

第2章 電源別リスク

1. 原子力発電と水温上昇

海面水温の上昇により、原発の運転に影響が出る可能性が大だ。日本近海のほぼ全域で平均海面水温が上昇しており、2019年までのおよそ100年間にわたる海域平均海面水温（年平均）の上昇率は $+1.14^{\circ}\text{C}/100\text{年}$ 。この上昇率は世界全体で平均した海面水温の上昇率 $(+0.55^{\circ}\text{C}/100\text{年})$ よりも大きい。海面水温の上昇率が大きい海域は日本海側、九州沖の東シナ海、四国・東海沖および釧路沖だ（図6）⁷。電源にかかわらず発電設備を効率的に稼働させるには、低温と大量の水の確保が必須だ。夏場の日本近海の海面水温は 30°C 前後に上昇し、異常に高い状態が続く（図7）。海水温が高いと、安全上の理由から、原発の出力を下げるか稼働を停止するほかない。

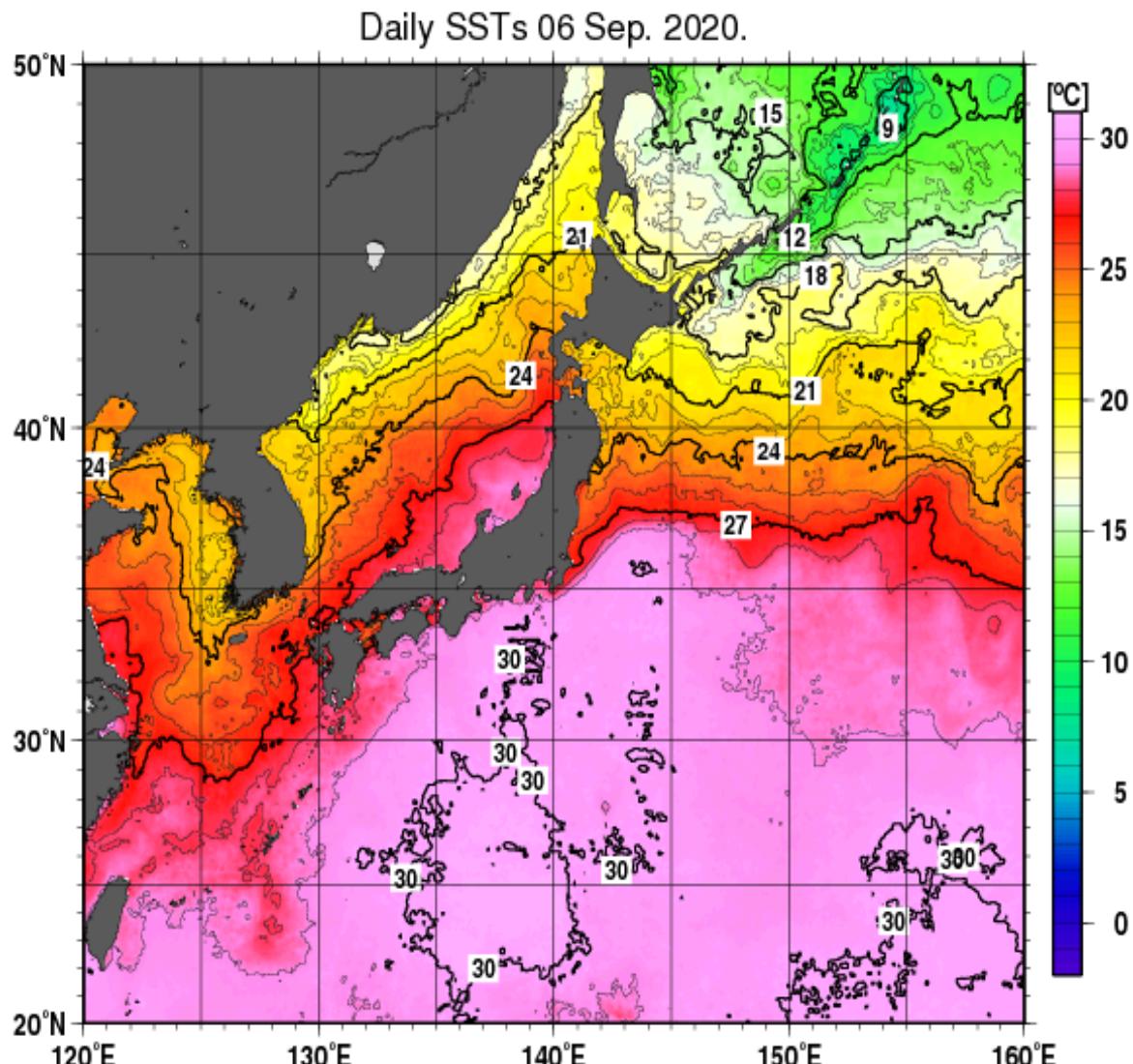
図6 海面水温の長期変化傾向(日本近海)



注： 上昇率が[#]は、統計的に有意な長期変化傾向が見出せないことを示している。

⁷ 気象庁、「海面水温の長期変化傾向（日本近海）」, 2019年. See https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html (as of 2020/10)

図7 日本近海の海面水温 (2020年9月6日現在)



出所：図6と図7はともに気象庁

電源（石炭やガス火力、原子力、太陽光や地熱発電）にかかわらず、熱効率の向上にはできるだけ水温の低い河川や海水を取水する必要がある。原子炉は真水の冷却水で冷やされ、熱くなつた冷却水の熱は海水で取り除く。現行の冷却システムでは、低温の海水が取り込めないと、原子炉を十分に冷やすことができない。取水口の位置と深さにもよるが（取水口が深いと、海水温も低い）、海水温の上昇は発電効率の低下を招く。また取水用の海水温が高くなると、海に戻す温排水はさらに高温(+7°C)⁸になる。発電所

⁸ 日本原子力開発機構 (JAEA), “Atomica”. See https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_01-04-03-02.html (as of 2020/11)

の立地点、原子炉数やタービン数、その他発電設備の数にもよるが、高温の排水が海洋に大量放出されると、生態系に悪影響を及ぼすことは必至である。

北欧の事例

北欧の原子炉では海水温が一定の「規定値」まで上昇すると出力が絞られ、さらに高い水準に到達すると停止する措置が講じられている。スウェーデンの原発では周辺の海水温が 23°Cを超えると、一基あたりの出力を下げる。さらに水温が 25°Cを上回ると原子炉の一部を稼働停止する。フィンランドでは温排水の温度が 34°Cを上回れば、安全基準上の理由により一部の原子炉の出力を大幅に下げるか、稼働停止が求められる⁹。

フランスの事例

内陸地に立地する原発では河川の水を冷却水として使用する。気象機関が熱波による気温と水温上昇の予報を発表すると、フランス電力（EDF）は原発の発電を計画的に停止する措置を取る。フランスでは河川流域の生態系保護のため、発電所による河川水の使用は厳しく規制されている。熱波が続くと河川の水位が下がり冷却水の確保が難しくなるうえ、温排水の際の水温の上限も規制されているため、原発の稼働停止が長期化する可能性がある。フランスでは毎年夏になると、熱波で複数の原発が稼働停止することは珍しくない。

米国の事例

米国では、河川や海に生息する生物や植物の保護のため発電所から排出される温排水の温度に州政府が制限を設けている。冷却水に用いる大量の水が確保できない、あるいは猛暑になると、電気事業者は発電を停止するか出力低下を余儀なくされる。大量の取水を必要とする原子力発電と石炭火力発電は、とりわけ干ばつや熱波に弱い。

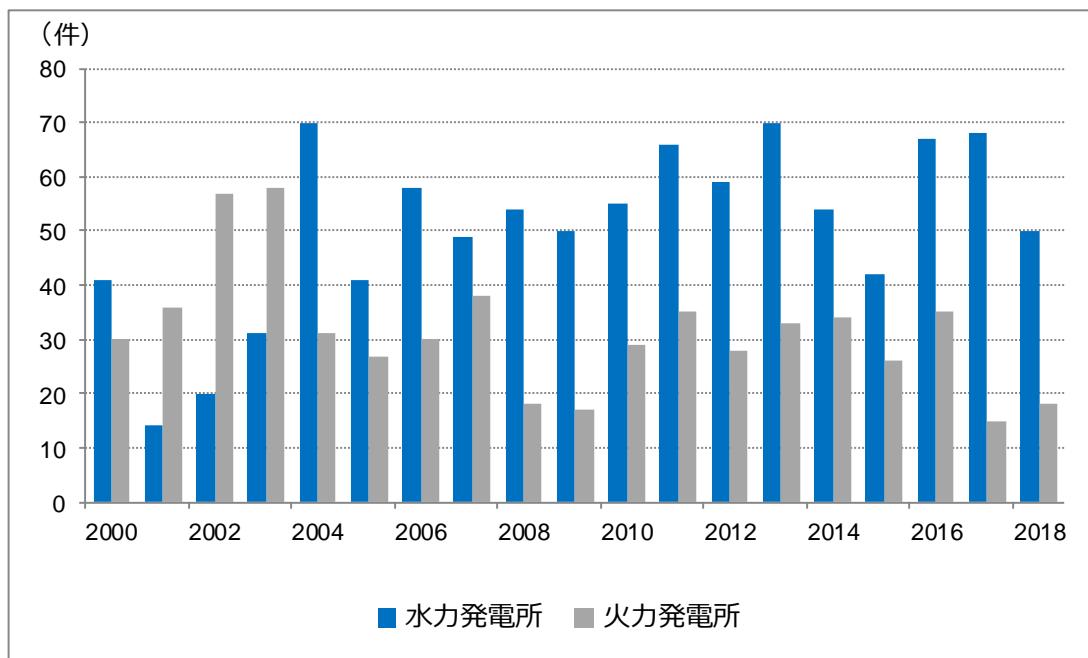
原子炉の炉型、稼働年数および地理的条件により水温の規定値は発電所ごとに異なる。欧米諸国では行政および（または）地方自治体が各電源の発電設備別に取水および温排水の水温に規定値を設け、厳格に規制している。原発が建設された当時は、数日または数カ月にわたり海面水温が 25°Cを上回る状態が続くとは誰も想像できなかっただろう。

⁹ Lefteris Karagiannopoulos, Reuters, “In hot water: How summer heat has hit Nordic nuclear plants”, August 1, 2018. See <https://www.reuters.com/article/idUSKBN1KM4ZR> (as of 2020/10)

熱波による予定外の出力制限や稼働停止は電力の安定供給を脅かすだけでなく、電気料金にはね返る。電源の脆弱性を減らすには、1) 核燃料や石炭からガスに、発電用燃料を太陽光または風力に転換、2) 冷却方式を乾式冷却システムに変更、もしくは3) 排水の再利用、といった選択肢がある。

2. 水力発電

図 8 水力および火力発電設備の年間事故件数（2000-2018 年度）



出所：NITE 「電気保安統計」

気候変動はすべての地域の発電インフラに何らかのストレスを与えるが、水力発電に大きく依存する地域への影響は甚だ大きい。電源のなかでも、水力発電は事故の発生件数が突出している（図8）。豪雨による土砂崩れ、地滑り、河川の氾濫や洪水は水力発電に大きな被害をもたらす。発電機の冠水、流木による取水口の損傷、発電所上流にある堰の損傷などが発生し、被害によっては復旧に数ヵ月を要する。

豪雨による水害で水力発電所が被災するリスクがある一方で、地域によっては、「水不足」が水力発電の稼働に影響する恐れがある。地下水や河川の水量を左右する最深降雪量が1980年代初めから1990年代にかけて大幅に減少している。1990年以降、特に東日本と西日本の日本海側では最深降雪量の減少が顕著だ¹⁰。降水量の変化、蒸発率の上昇、干ばつの発生頻度および雪塊量の減少動向によっては、地下水が減り慢性的な水不足に陥るリスクがある。当然、水力発電の運用（水量によって発電量や稼働できるタイミング）にも影響する。特に、水力発電の出力が大きい地域（岐阜、福島、長野など）

¹⁰ 気象庁「地球温暖化予測情報 第8巻」, 2013年3月, pp.3-4. See <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol8/pdf/01.pdf> (as of 2020/9)

の水量変化には注視する必要があるだろう。

3. 再生可能エネルギー

太陽光発電では、パネルの表面温度が上昇すると発電効率が低下する。そのため水でパネルを冷やす必要がある。内陸に立地する太陽光発電所にとって、河川および貯水池の「水不足」は常に潜在リスクだ。一方、風力発電機の稼働効率は年間を通して、風速や風向の変化、最大瞬間風速といった要素によって発電量が大きく変わる。

第3章 変電所および送配電設備別リスク

送配電設備に障害を及ぼす最大の要因が自然災害といえる。そのうち風雨が約 70% で大半を占め、次に雷が 25% と続く（図9）。異常気象や地震をはじめとする大規模な自然災害が発生した年は、架空送電線の事故が目立つ。気象災害のダメージをもっとも受けやすいのは、住民が住むエリアに電気を送る配電線で、事故率は増加基調にある（図10）。

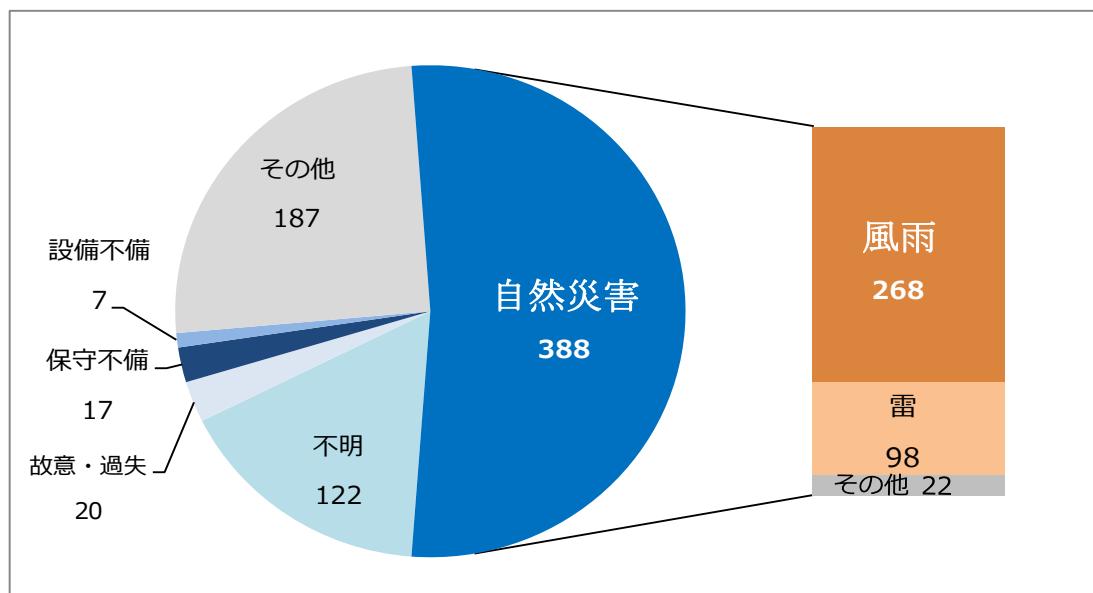
自然災害による停電の長期化が懸念される。近年は最大風速および最大瞬間風速とともにこれまでの記録を塗り替える事例が報告されており、風速や降雨量と停電の頻度や期間には強い相関性がある。鉄塔の倒壊、暴風にともなう倒木や飛来物による電柱の破損、配電線の断線などに起因する停電の多発は電力系統への国民の信頼を損ねる。鉄塔は倒れても別の鉄塔に迂回し電気を送れるが、変電所の浸水¹¹や架空送配電線の断線は復旧に相当の時間を要するため停電が長期化しやすい。送配電網の被害が相次ぐと、復旧にかかる修繕費などの経費が電気料金に転嫁され、利用者の負担増につながりかねない。

熱波にさらされると送電ロスは大きくなる。夏は日中だけでなく夜間も気温の高い状態が続くため、送電線の熱がいつまでも下がらない（図11、12）。風速、風向、気温、日射量などの気象条件にもよるが、熱波に見舞われると送電効率が低下し、送電量が減少するリスクが想定される¹²。電力需要が増える夏は、電気事業者が発電設備をフル稼働したとしても熱さで発電効率が下がり、送電容量も減少するため、電力の供給能力が限界に近づく恐れがある。

¹¹ 変電所の浸水対策では、変電所の立地の嵩上げ、また周囲に利用可能な土地がある場合は、スポンジのように大量の雨水を吸収する「湿地」の造成（グリーンインフラ整備）といった案がある。

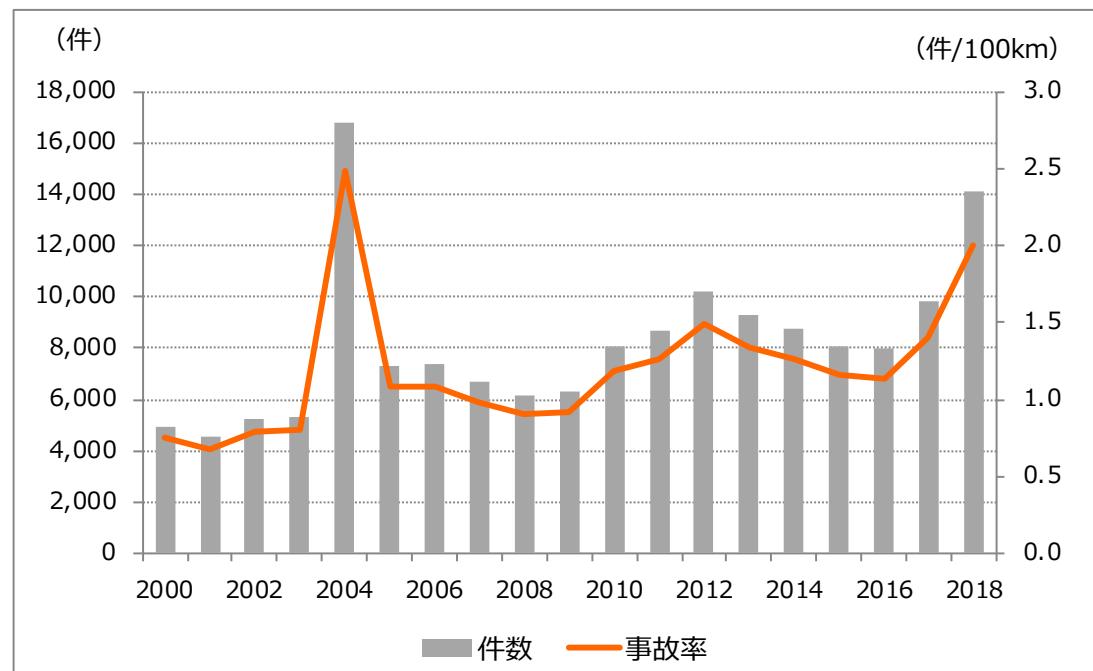
¹² DOE, "U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather", July 2013, p.8.

図9 送電線路および特別高圧配電線路事故件数（2018年度）



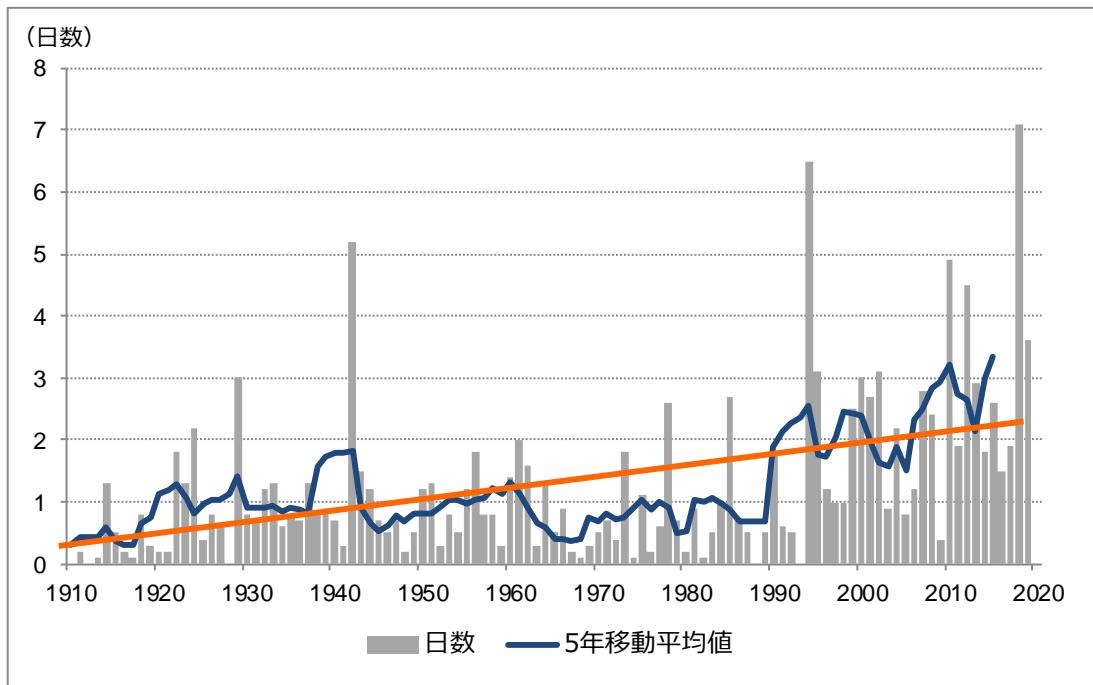
出所： NITE 「電気保安統計」

図10 高圧架空配電線路の事故件数（2018年度）



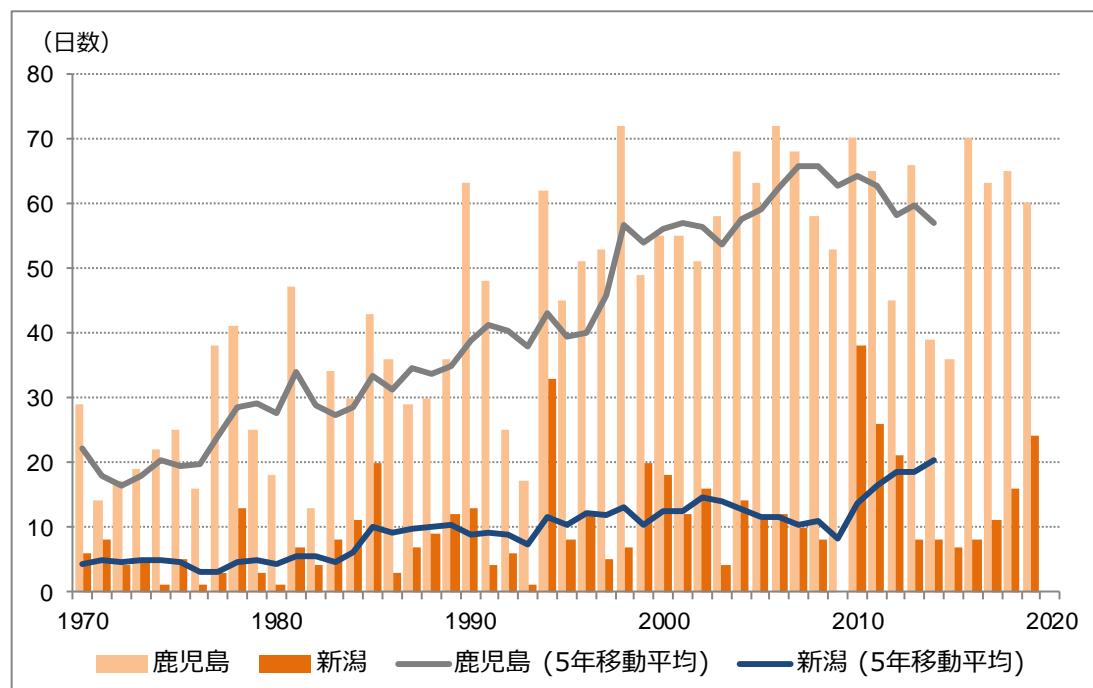
出所： NITE 「電気保安統計」

図 11 全国の日最高気温 猛暑日 ($>35^{\circ}\text{C}$) の年間日数の経年変化 (1910-2019 年)



全国=13 地点平均。直線（オレンジ）は長期変化傾向（この期間の平均的な変化傾向）を示す。

図 12 鹿児島と新潟の熱帯夜 ($>25^{\circ}\text{C}$) の年間日数の経年変化 (1970-2019 年)



出所：図 11、12 ともに気象庁

第4章 停電の長期化

停電の長期化への備えが重要課題となろう。気候変動が原因と思われる自然災害が多発し、近年各地で長期間にわたる停電が起きている（表2）。各中央省庁および災害拠点病院の非常用発電設備の燃料備蓄量は「3日」分を基本とするが、実際に復旧にかかった日数はそれをはるかに上回っている。停電は交通システムや通信システムなどの基幹インフラのみならず、その他の重要産業にも大きな経済損失をもたらす。また医療現場にも深刻な影響を与え、人命被害につながる恐れがある。

表2 自然災害と停電復旧に要した時間

発生時期	自然災害	電力会社	ピーク時の 停電戸数 万戸（約）	停電復旧に要した時間 日数（約）	
				99%の復旧	全面復旧
2018年7月	西日本豪雨	中国電力	8	4	7
2018年9月	北海道地震	北海道電力	295	2	14
2018年9月	台風21号	関西電力	240	5	14
2018年9月	台風24号	中部電力	180	3	7
2019年9月	2019年台風15号	東京電力	93	12	16
2019年10月	2019年台風19号	東京電力	52	4	5

出所：経産省¹³、資源エネルギー庁¹⁴および東京電力¹⁵

¹³ 経産省「平成30年に発生した災害による大規模停電発生時における政府の対応について」2018/10/18、「平成30年度に発生した災害とその対応」2019/3/19。

¹⁴ 資源エネルギー庁「日本初の“ブラックアウト”、その時一体何が起きたのか」, 2018/11/02.

¹⁵ 東京電力「第7回電力レジリエンスWG台風15号に伴う停電復旧対応の振り返り（中間）」, 2019/10/3, pp. 5, 21. (as of 2020/8)

第5章 適応策

「適応策」とは、気候変動によって生じる災害被害を予測し、被害の未然防止または低減のために適切な対策を講じ、あるいはそうした対策によって如何なる変化にも柔軟に対応できる能力、すなわちレジリエンス（回復力または強靭さ）を高めることを目指す。そのためには、気候変動や異常気象による潜在的な影響の大きさを的確に評価し、予測精度を高めて必要な対策を探り当てなければならない。しかし、段階的な変化を辿らず、発生確率が極めて低い事象が頻出し、過去の経験則はほとんど通用しない。気候変動がもはや不可逆的な段階に移り、「閾値」¹⁶を超えて甚大な被害を及ぼすという認識をもって、あらゆるシナリオを想定し検討する必要がある。こうした気候変動および異常気象を想定したうえで電力インフラの設計および安全基準を見直し、早急に電力インフラの再整備を推進しなければならない。

適応策は未来への先行投資にほかならない。事後対応では被害額および被害の範囲が拡大し、経済の本格回復に漕ぎ着けるまでに長い時間を要する。長期間の停電に関する経済損失および機会損失、人命への被害を未然に防ぐという観点からも、積極的な先行投資によって得られる相乗効果は非常に大きい。

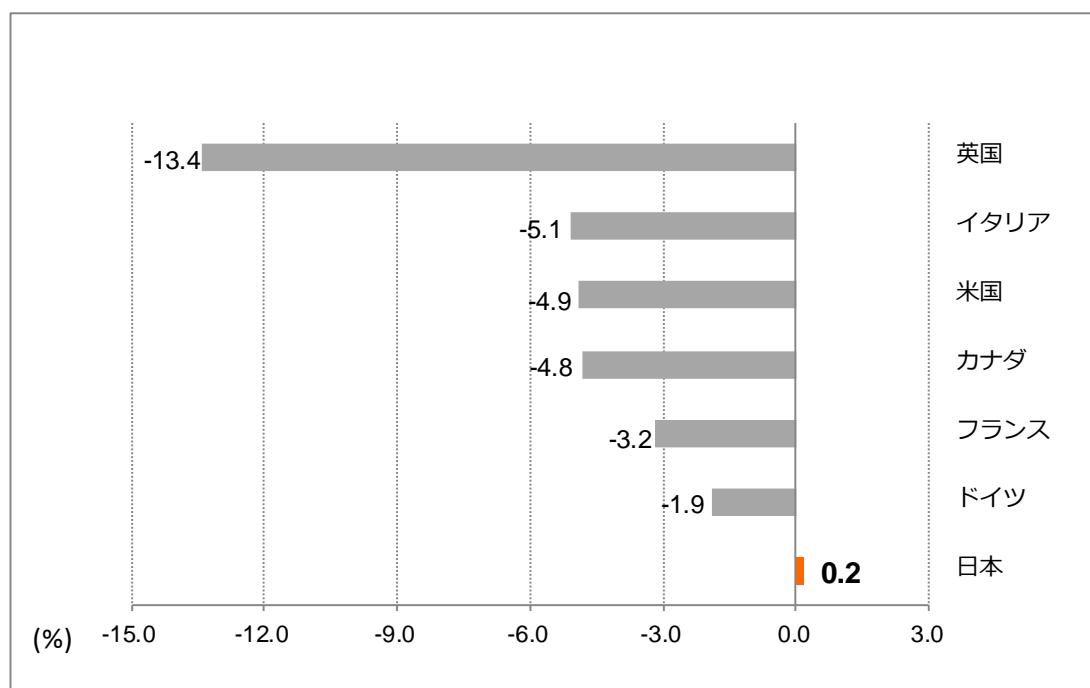
¹⁶ 急激な変化が生じる境界値。

将来の見通し

気候変動が国家エネルギー安全保障だけでなく、国家安全保障に与える影響について、欧米諸国は強い危機感を抱いている。2020年夏、記録的な熱波により、米国の大西洋沿岸では山火事が多発し、南部ではハリケーンがメキシコ湾を襲来し街が浸水するなど、過去に例のない大規模な自然災害が相次いだ。こうした脅威的な災害に遭遇した人々が受けた物理的・心理的ダメージは計り知れない。大規模な自然災害の連鎖が安全保障をも脅かしかねないとの警戒感が強まつたとしても不思議はない。

気候変動による国民生活への影響も深刻だ。とりわけ子供や65歳以上の高齢者、および低所得者層にとって大きな脅威となる。地球温暖化が進むことで、飲料水の不足や値上がり、食品の価格上昇、熱中症およびコレラの発症や下痢性疾患の増加が指摘されている。異常気象や気候大変動で先行きの不透明感が増すと人間は強いストレスを感じ、心身の健康が損なわれる恐れがある。気候変動は国力を消耗させるほどの脅威となり得るのだ。欧米諸国は科学的な見地から未来の地球環境の変化を予測し、緩やかな産業構造の変化を促す一方で、気候変動に備えて積極的に対策を進めている。

図13 G7各国：石炭消費量の年間伸び率（2007-2017年）



出所：British Petroleum "BP Statistical Review of World Energy 2019"

一方、日本政府および企業の気候変動に対する危機感は薄いと言わざるを得ない。パリ協定の批准後も石炭火力発電所の新增設を推し進める日本に、国際的な非難が集まつた（図13）。事実、経済産業省（以下、「経産省」）は鉄鋼、水素エネルギーおよび石炭火力（IGCC）に「褐炭」をはじめとする低品位炭の活用を促す政策を堅持したままだ¹⁷。欧米諸国は石炭の中でもCO₂の排出量がもっとも多い褐炭を「一番汚い石炭（the dirtiest coal）」と称し蔑む。世界3位の経済大国である日本が褐炭の使用を拡大すれば、これまで以上の激しい非難にさらされるだろう。「緩和策」の一環である石炭火力発電の休廃止をどれだけスピード感をもって実現できるか、経産省の本気度が問われる。自然災害の危険性を軽視したことが結果的に福島第一原発事故を招いたことを決して忘れてはならない。気候変動を単なる環境問題と捉えるのではなく、省庁横断的な体制で気候変動に取り組むことが喫緊の課題である。

気候変動に国境はなく、一国だけで対処できる問題ではない。地球規模の至上命題と言っても過言ではない。差し迫った脅威に対処するには国際協調が必須だ。日本のエネルギーシステムは気候変動に起因する異常気象による影響をすでに受けている。効果的な緩和策を進めなければ、追加の適応策やレジリエンス投資を講じる必要性が増すばかりだ。最初に述べたように、気候変動の適応策と緩和策は相互に補完し合うものであり、この二つの施策が揃ってはじめて気候変動や異常気象によって生じるさまざまな経済コストやリスクの軽減が可能になる。

（以上）

許可なく転載することを禁じます。

ワンダーニュースが運営するサイト（「WONDER*WONDER」）に掲載しているコンテンツの著作権は当社、情報提供者または正当な権利を有する第三者に帰属します。この場合、コンテンツとは記事およびデータをさします。本書に記載されている内容を引用、参照および（または）参考にする場合は、出所を明示することが求められます。

ワンダーニュース

¹⁷ 資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課、「石炭マーケット研究会報告書（参考資料）」, 2018年4月, pp. 23, 25. See https://www.metei.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180430001_1.pdf (as of 2020/10)

《参考文献・資料》

- U.S Department of Energy (DOE), "U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather", July 2013、pp. iii, 6, 8, 10, 36, 46
- GlobalChange.gov, US Global Change Research Program, Craig D. Zamuda et al., DOE, "Chapter 4: Energy Supply, Delivery, and Demand" in "Fourth National Climate Assessment", <https://nca2018.globalchange.gov/chapter/4/>
- 国土交通省「水害統計調査」.
https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/suigaitoukei/index.html
- 気象庁,「災害をもたらした気象事例」
- 気象庁,「平成 31 年・令和元年(2019 年)全国災害時気象概況」令和 2 年 3 月.
- 気象庁「地球温暖化予測情報 第 8 卷」, 2013 年 3 月, pp.3-4.
See <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/GWP/Vol8/pdf/01.pdf>
- 気象庁, 「海面水温の長期変化傾向（日本近海）」, 2019 年.
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/data/shindan/a_1/japan_warm/japan_warm.html
- 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」2014 年 2 月 22 日, I-668.
- Adam Parris et al., NOAA, "Global Sea Level Rise Scenarios for the United States National Climate Assessment", December 6, 2012, p.1.
- Lefteris Karagiannopoulos, Reuters, "In hot water: How summer heat has hit Nordic nuclear plants", August 1, 2018. <https://www.reuters.com/article/idUSKBN1KM4ZR>
- 日本原子力開発機構 (JAEA), "Atomica".
https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_01-04-03-02.html
- 経産省 製品評価技術基盤機構 (NITE), 「電気保安統計」, 2009 年度と 2018 年度
- 経産省,「平成 30 年に発生した災害による大規模停電発生時における政府の対応について」2018/10/18, 「平成 30 年度に発生した災害とその対応」2019/3/19.
- 資源エネルギー庁,「日本初の“ブラックアウト”、その時一体何が起きたのか」, 2018/11/02
- 東京電力,「第 7 回電力レジリエンス WG 台風 15 号に伴う停電復旧対応の振り返り（中間）」, 2019/10/3, pp.5,21.
- British Petroleum, "BP Statistical Review of World Energy 2019"
- 資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課,「石炭マーケット研究会報告書（参考資料）」, 2018 年 4 月, pp. 23, 25.
https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20180430001_1.pdf