

令和３年度産業保安等技術基準策定研究開発等事業
（自然災害に係る電力設備保安に関する調査事業）

報告書

2022 年 3 月



みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

(空白ページ)

<目次>

第1章	はじめに	1
1.1	本事業の背景と目的	1
1.2	過去10年間にわが国で発生した自然災害による電力設備被害及び停電被害について	2
1.2.1	2010年以降の台風・大雨・大雪時の電力設備や停電被害について	2
1.2.2	2010年以降の地震や火山噴火の概要と電力設備と停電被害について	10
1.2.3	2010年以降の熱波や寒波について	16
第2章	火力発電設備の地震動に対する健全性に係る調査	18
2.1	電気設備自然災害等対策ワーキンググループにおけるこれまでの検討状況について	18
2.2	2021年2月に発生した福島県沖地震について	18
2.3	地震による火力発電設備被害の原因及び復旧対応について	18
2.4	福島県沖地震による被害状況や復旧対応	20
2.5	検討結果のまとめ	24
第3章	寒波が電気設備に与える影響に関する調査	26
3.1	2021年に米国テキサス州で発生した寒波の概要について	26
3.2	2021年米国テキサス州で寒波により発生した電力設備停止の原因について	26
3.3	テキサス州の寒波に関する法律やガイドライン等の整備状況について	26
第4章	2021年度に発生した自然災害に係る設備被害に関する調査	29
4.1	軽石被害による電力設備被害について	29
4.1.1	福島県ノ場の噴火の概要	29
4.1.2	発電所における軽石漂着への対応	31
4.2	トンガ海底火山噴火による電力設備被害について	32
4.2.1	フンガトンガ・フンガハアパイ（フンガ火山）の噴火の規模とトンガにおける被害について	32
4.2.2	日本における潮位変化について	33
4.3	電磁パルスが電気設備に与える影響について	34
4.3.1	太陽フレアによる電気設備への影響について	34
4.3.2	電磁パルス攻撃による電気設備への影響について	35
4.4	2022年3月16日に発生した福島県沖地震について	37
第5章	その他海外における自然災害等に係る設備被害及びその対策に関する調査	40
5.1	近年米国加州で発生した山火事について	40
5.2	その他熱波が原因となった設備故障や停電の事例について	42
5.3	PG&E社の山火事対策について	42
第6章	「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」の運営	44

(空白ページ)

第1章 はじめに

1.1 本事業の背景と目的

電力システムは、平常時はもとより、自然災害時においても公共の安全及び電力の安定供給を確保できる強靱性・柔軟性を備える必要がある。特に、電力設備自体の健全性の確保や自然災害時からの迅速な復旧は、極めて重要な課題である。

かかる問題意識から、平成 26 年 1 月に電力安全小委員会の下に「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」が設置され、地震や台風、大雪等の様々な自然災害による電力設備への影響とその対策のあり方について検討が行われたところ。

一方、近年は、地球温暖化等により自然災害が激甚化・頻発化している中、今後も生じ得る自然災害等による電気設備の健全性の確保や自然災害等からの迅速な復旧に向け十分な対策を講じていくことが求められている。例えば 2021 年だけでも、福島県沖地震や米国テキサス州における大寒波など、様々な自然現象が起きており、それによって電気設備は大きな被害を受けている。

かかる問題意識から、経済産業省電力安全課様は近年の自然災害の影響や電気設備の事故事例、最近の科学的知見等を適切に電気設備の技術基準等や対策へ反映するべく、「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」を再開することとした。本委託調査は、当該ワーキンググループを開催するにあたり、議論を進めるために必要な様々な情報を提供し、自然災害に備えた対策に関する電気保安規則としての要求事項に関する検討に貢献することを目的とする。

1.2 過去 10 年間にわが国で発生した自然災害による電力設備被害及び停電被害について

過去 10 年間に於いて、我が国では様々な自然災害が発生している。その中でも台風・大雨・大雪・地震・噴火について主な災害の概要や電力設備被害を以下に整理した。また、近年海外で発生している極端な熱波・寒波の発生状況についても整理した。

1.2.1 2010 年以降の台風・大雨・大雪時の電力設備や停電被害について

台風の発生数や接近数、及び「強い」台風の発生数に長期的変化傾向は見られない¹ものの、毎年一定数の台風が襲来しており、多くの被害が発生している状況である。表 1-1 に 2010 年以降に発生した激甚指定を受けた台風を示す。降水量については、全国的に大雨や短時間強雨の発生頻度が増加する一方、降水の日数は減少している¹。降雪量については、北日本、東日本、西日本の日本海側で減少傾向がみられるものの¹、一定程度の頻度で大雪が降り多くの被害が発生している。表 1-2 に内閣府 HP の災害情報で雪害として報告されている大雪の発生の有無を年度別に示す。これらの台風・大雨・大雪により電力設備が被害を受け、停電が発生した事例が存在する。表 1-3 に近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要を示す。

表 1-1 近年激甚災害指定を受けた台風²

発生年度	台風	発生年度	台風
2010	第 9 号	2016	第 7、9、10、11、16 号
2011	第 6、12、15 号	2017	第 3、18、21 号
2012	第 4 号	2018	第 5、6、7、8、19、20、21、24 号
2013	第 4、7、18、26 号	2019	第 3、5、10、13、15、17、19、20、21 号
2014	第 8、11、12、19 号	2020	指定台風なし
2015	第 9、11、12、15、18 号	2021	第 9、10 号

¹ 「気候変動監視レポート 2020」（気象庁 HP）、
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/monitor/2020/pdf/ccmr2020_all.pdf

² 「最近の激甚災害の指定状況について」（内閣府 HP）、
<http://www.bousai.go.jp/taisaku/gekijinhukko/status.html>

表 1-2 大雪の発生状況³

発生年度	大雪	発生年度	大雪
2010	--	2016	○
2011	○	2017	○
2012	--	2018	○
2013	--	2019	--
2014	○	2020	○
2015	--	2021	○

³ 「災害状況一覧」(内閣府 HP)、
<http://www.bousai.go.jp/updates/index.html#h22>

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（１／６）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2014 年 2 月	大雪	--	2 月 7 日～9 日及び 2 月 14 日～2 月 19 日にかけて大雪が発生した。特に 14 日からの大雪では 14 日夜から 15 日にかけて関東甲信及び東北地方で記録的な大雪となったところがあった。また、15 日から 19 日にかけて北日本を中心に大雪や暴風雪となった。14 日から 19 日までの最深積雪は山梨県甲府市甲府で 114cm、群馬県前橋市前橋で 73cm、埼玉県熊谷市熊谷で 62cm となるなど、統計期間が 10 年以上の観測地点のうち、北日本と関東信越地方の 18 地点で観測史上 1 位を更新した。北海道えりも町えりも岬で 32.9m/s、東京都三宅村三宅島で 28.5m/s の最大風速を観測するなど、各地で暴風が観測された ⁴ 。	・2 月 7 日～9 日 : 積雪による倒木に伴う電柱折損・倒壊及び高圧線断線・接触、雪による送電線断線 ⁵ 。 ・2 月 14～16 日 : 積雪による倒木に伴う電柱折損・倒壊及び高圧線断線・接触、雪による送電線断線、地線腕金変形 ⁵	・2 月 7 日～9 日 : 全国で延べ約 1355 千戸が停電した。 ・2 月 14～16 日 : 全国で延べ約 1815 千戸が停電した ⁵ 。

⁴ 「発達した低気圧による大雪・暴風雪 平成 26(2014)年 2 月 14 日～2 月 19 日」(気象庁 HP)、
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2014/20140214/jyun_sokuji20140214-0219.pdf

⁵ 「今冬の雪害に対する対応について」(経済産業省 HP)、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/003_04_00.pdf

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（2／6）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2016 年 8 月	台風	台風 10 号	1951 年に気象庁が統計を開始して以来、初めての東北地方太平洋側に上陸した台風である。岩手県宮古市、久慈市で 1 時間に 80 ミリの猛烈な雨となったほか、28 日 0 時から 31 日 6 時までには北海道上士幌町で平年の 8 月一ヶ月に降る雨量を超える 329 ミリを観測し記録的な大雨となるなど、東北地方から北海道地方を中心に西日本から北日本にかけての広い範囲で大雨となった。また、最大瞬間風速が岩手県宮古市で 37.7 メートル、北海道せたな町で 36.5 メートルなど東日本から北日本では暴風となり、海は猛烈なしけとなった所があった ⁶ 。	暴風に伴う倒木や飛来物等による送電線・配電線への接触・断線、大雨に伴う河川の氾濫による配電柱倒壊等の設備被害等 ⁷	北海道電力管内で延べ約 15 万 4 千戸、東北電力管内で延べ約 9 万 7 千戸の広域的な停電が発生した ⁸ 。
2017 年 7 月	豪雨	九州北部豪雨	九州北部地方を中心に局地的に猛烈な雨が降り、1 時間の最大雨量は、福岡県朝倉市で 129.5 ミリ、大分県日田市で 87.5 ミリを観測するなど猛烈な雨となった ⁹ 。	--	7 月 5 日 21 時時点で最大停電戸数が約 6400 戸となった ⁹ 。

⁶ 「平成 28 年台風 10 号による被害状況等について」（内閣府 HP）、

http://www.bousai.go.jp/updates/h28typhoon10/pdf/h28typhoon10_24.pdf

⁷ 「台風 10 号の影響に伴う停電の復旧見通しについて（8 月 31 日 17 時現在）」（北海道電力株式会社 HP）、

https://www.hepco.co.jp/info/2016/1203521_1693.html

⁸ 「平成 28 年に発生した事故・災害への対応等について」（経済産業省 HP）、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/014_06_00.pdf

⁹ 「平成 29 年度に発生した事故・災害への対応について」（経済産業省 HP）、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/016_07_00.pdf

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（3／6）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2017 年 9 月	台風	台風 21 号	台風を取り巻く発達した雨雲や本州付近に停滞した前線の影響により、西日本から東日本、東北地方の広い範囲で大雨となった。特に和歌山県新宮市では 48 時間に 888.5 ミリを観測し観測史上 1 位の値を更新するなど、21 日から 23 日にかけて近畿地方や東海地方を中心に 500 ミリを超える記録的な大雨となった。沖縄から北海道に至る広い範囲で風速 20 メートル以上の非常に強い風を観測し、西日本や東日本、北海道では風速 30 メートルを超える猛烈な風となったところがあった。 ¹⁰	飛来物や樹木の高圧線への接触や倒木等による高圧線断線・電柱倒壊等 ⁹	東京電力管内において、最大約 15 万戸の停電が発生した ⁹ 。
2018 年 7 月	豪雨	7 月豪雨	7 月に入り梅雨前線が西日本上空に停滞したことにより雨が降り続き、さらに線状降水帯が発生したことで中国地方では 7 月 6 日過ぎから記録的な大雨となった ¹¹ 。	電柱の倒壊・破損等、高圧線の断・混戦等、鉄塔の敷地土砂流出、配電用変圧器の浸水 ¹¹	中国電力管内では最大停電戸数は 7 月 7 日 8 時時点で 5.9 万戸となり、延べ停電戸数は 19.3 万戸となった ¹¹ 。

¹⁰ 「平成 29 年台風第 21 号による被害状況等について」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/updates/h29typhoon21/pdf/h29typhoon21_08.pdf

¹¹ 「平成 30 年 7 月豪雨災害への対応について」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/017_03_00.pdf

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（４／６）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2018 年 9 月	台風	台風 21 号	台風の接近・通過に伴って西日本から北日本にかけて非常に強い風が吹き、非常に激しい雨が降った。特に四国や近畿地方では猛烈な風が吹き猛烈な雨が降ったほか、これまでの観測記録を更新する記録的な高潮となったところがある ¹² 。	配電設備の架空線の高圧線の断線・混線や支持物の折損・倒壊等 ¹³	関西電力管内では、延べ約 220 万件の停電が発生した ¹³ 。
2018 年 9 月	台風	台風 24 号	広い範囲で暴風、大雨、高波、高潮となり、特に南西諸島及び西日本・東日本の太平洋側を中心に、これまでの観測記録を更新する猛烈な風が吹いた所があったほか、紀伊半島などで過去の最高潮位を超える高潮を観測したところがあった ¹⁴ 。	送電線の断線や配電線の断線、電柱の倒壊等 ¹⁵	全国規模で停電が発生した。停電戸数は約 180 万戸となった ¹⁵ 。
2019 年 9 月	台風	台風 15 号	伊豆諸島や関東地方南部を中心に猛烈な風や雨をもたらした。特に千葉市で最大風速 35.9 メートル、最大瞬間風速 57.5 メートルを観測するなど、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 ¹⁶ 。	強風により鉄塔や電柱の倒壊、電線の支障等が多数発生した ¹⁶ 。	最大で 934,900 戸（9 月 9 日 7:50 時点）の停電が発生した ¹⁶ 。

¹² 「平成 30 年台風第 21 号に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon21/pdf/301003_typhoon21_01.pdf

¹³ 「台風 21 号にかかる対応について」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/017_02_00.pdf

¹⁴ 「平成 30 年台風第 24 号に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon24/pdf/301003_typhoon24_01.pdf

¹⁵ 「最近の災害対応における課題と検討の方向性」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/017_04_00.pdf

¹⁶ 「令和元年台風第 15 号・第 19 号をはじめとした一連の災害に係る検証レポート（最終とりまとめ）」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/r1typhoon/pdf/dai3kai_torimatome.pdf

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（5／6）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2019 年 10 月	台風	台風 19 号	静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方を中心に記録的な大雨となった。10 日からの総雨量は神奈川県箱根町で 1000 ミリに達し、東日本を中心に 17 地点で 500 ミリを超えた。この記録的な大雨により、計 13 都県に特別警報が発表された。東京都江戸川臨海では観測史上 1 位の値を超える最大瞬間風速 43.8 メートルを観測するなど、関東地方の 7 か所で最大瞬間風速 40 メートルを超える暴風となったほか、東日本から北日本にかけての広い範囲で非常に強い風を観測した。また、12 日に千葉県市原市で竜巻とみられる突風が発生した ¹⁷ 。	暴風雨による倒木や飛来物による配電設備の故障等 ¹⁷	10 月 13 日 0 時時点で最大 521,540 戸が停電していた ¹⁷ 。
2020 年 7 月	豪雨	7 月豪雨	7 月 3 日以降、停滞した前線の影響で暖かく非常に湿った空気が継続して流れ込んだことで九州地方や中部地方を中心に広い範囲で大雨となった。また、熊本県の球磨川が氾濫した ¹⁸ 。	河川氾濫による道路崩壊や冠水、土砂崩れ等により多くの配電設備が損傷した（電柱の折損、流出、転倒、傾斜や変電所の浸水や冠水等） ¹⁸	九州電力管内で最大 8840 戸（7 月 4 日 10 時）、中部電力管内で最大 3840 戸（7 月 8 日 8 時）の停電が発生した ¹⁸ 。

¹⁷ 「令和元年台風第 19 号等に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_45.pdf

¹⁸ 「令和 2 年に発生した災害の振り返りと今後の対応について」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/024_02_00.pdf

表 1-3 近年発生した主な台風・大雨・大雪による電力設備被害や停電の概要（6／6）

発生日時	災害の種類	名称	概況	電力設備被害	停電被害
2020 年 9 月	台風	台風 10 号	長野県野母崎で最大風速 44.2 メートル、最大瞬間風速 59.4 メートルとなり、南西諸島や九州を中心に猛烈な風又は非常に強い風を観測し、観測史上 1 位の値を超えるなど記録的な暴風となった。また、宮崎県日向沖で 11.4 メートル、鹿児島県屋久島で 10.4 メートルの高波が観測されるなど、南西諸島や九州で猛烈なしけとなった。宮崎県神門で 4 日から 7 日までの総降水量が 599.0 ミリとなり宮崎県の 4 地点で 24 時間降水量が 400 ミリを超えたほか、台風を中心から離れた西日本や東日本の太平洋側で 24 時間降水量が 200 ミリを超える大雨となった ¹⁹ 。	過去の台風被害に比べて電柱の折損本数は少なかったが、被災した配電線は 748 回線となった ¹⁸ 。	九州・中国・四国地方で最大約 53 万戸の停電が発生した ¹⁸ 。
2020 年 12 月	大雪	--	令和 2 年 12 月中旬以降、大陸からの寒気が日本付近に流入し、冬型の気圧配置が強まりやすい状態が続いた。そのため北日本から西日本の日本海側を中心にしばしば大雪となり、東北地方や北陸地方を中心に 19 地点で 72 時間降雪量が昨冬までの記録を更新した ²⁰ 。	中部電力 PG の岐阜県内にある 500kV 幹線にて鉄塔損傷や架空地線垂下、架空地線の断線が発生した ¹⁸ 。	兵庫県北部及び新潟県を中心に停電が断続的に発生した。兵庫県内では最大約 9200 戸（12 月 17 日 14 時）の停電が発生した ¹⁸ 。

¹⁹ 「令和 2 年台風第 10 号に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、http://www.bousai.go.jp/updates/r2typhoon10/pdf/r2_typhoon10_08.pdf

²⁰ 「令和 2 年 12 月中旬以降の大雪と低温の要因と今後の見通し」（気象庁 HP）、<https://www.jma.go.jp/jma/press/2101/15b/r02ooyuki.pdf>

1.2.2 2010 年以降の地震や火山噴火の概要と電力設備と停電被害について

気象庁の震度データベースによると、2010 年 1 月 1 日から 2022 年 3 月 6 日の間に震度 5 弱以上の地震は計 203 回発生している。年度ごとの震度別の地震発生回数を表 1-4 に示す。地震調査研究推進本部の全国地震動予測地図 2020 年版（図 1-1 参照）によれば、今後 30 年間に震度 5 弱以上の揺れに見舞われる確率が 26%を超えるとされる地域も多く存在している。また、日本において現在 111²¹の活火山が存在するとされており、たびたび噴火が発生している。表 1-5 に 2010 年以降に発生した主な火山活動について示す。なお、2021 年 8 月に発生した福岡ノ場の噴火については、4.1 で説明する。

このように日本においては 2010 年以降にもたびたび地震や噴火が発生しており、中には停電が発生した事例も存在した。表 1-6 に主な地震の概要及び発生した停電の概要を整理する。同様に表 1-7 に主な火山噴火の概要及び発生した停電の概要を整理する。なお、2021 年 2 月に福島県沖で発生した地震における電気設備被害の詳細については第 2 章に記載し、2022 年 3 月に福島県沖で発生した地震に概要については 4.4 にも記載している。

表 1-4 2010 年以降の震度 5 弱以上の地震の発生回数²²

期間	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7	合計
2010 年	5	0	0	0	0	5
2011 年	45	17	4	4	1	71
2012 年	12	4	0	0	0	16
2013 年	5	6	1	0	0	12
2014 年	7	1	1	0	0	9
2015 年	5	5	0	0	0	10
2016 年	18	5	6	2	2	33
2017 年	4	4	0	0	0	8
2018 年	7	2	1	0	1	11
2019 年	6	0	2	1	0	9
2020 年	6	1	0	0	0	7
2021 年	4	5	0	1	0	10
2022 年	0	2	0	0	0	2
合計	124	52	15	8	4	203

²¹ 「活火山とは」（気象庁 HP）、
https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/katsukazan_toha/katsukazan_toha.html

²² 「震度データベース検索」（気象庁 HP）、
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html>

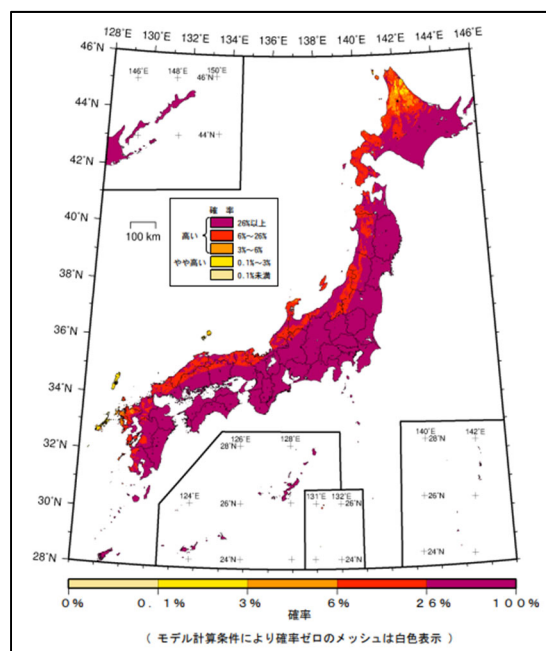


図 1-1 今後 30 年間に震度 5 弱以上の揺れに見舞われる確率の分布²³

表 1-5 2010 年以降に発生した主な火山活動²⁴

年月		火山名	発生現象
2011 年	1 月	霧島山(新燃岳)	マグマ噴火 (中規模)
2014 年	8 月	口永良部島	噴火、火山ガス
2014 年	9 月	御嶽山	水蒸気噴火
2015 年	5 月	口永良部島	噴火、地震、火映現象、火山ガス
2015 年	6 月	大涌谷周辺 (箱根山)	ごく小規模水蒸気噴火
2015 年	8 月～9 月	桜島	噴火、地殻変動
2015 年	9 月	阿蘇山	噴火、火映現象
2016 年	2 月	桜島	噴火
2016 年	10 月	阿蘇山	噴火、火映現象
2017 年	10 月	霧島山 (新燃岳)	小規模噴火
2018 年	1 月	草津白根山	水蒸気噴火 (小噴火)
2018 年	3 月	霧島山 (新燃岳)	マグマ噴火

²³ 「全国地震動予測地図 2020 年版」(地震調査研究推進本部)、
https://www.jishin.go.jp/main/chousa/20_yosokuchizu/yosokuchizu2020_chizu_10.pdf

²⁴ 「災害状況一覧」(内閣府 HP)、<http://www.bousai.go.jp/updates/index.html> 及び
「全国の活火山の活動履歴等」(気象庁 HP)、https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/vol_know.html#rireki をもとにみずほりサーチ&テクノロジー株式会社で作成した。

表 1-6 2010 年以降に発生した主な地震の概要及び発生した停電の概要（１／３）

発生日時	災害の種類	名称	災害規模	概況	停電被害
2011 年 3 月	地震	東日本大震 災	最大震度 7	2011 年 3 月 11 日に発生した三陸沖を震源とした地震で、地震の規模は M9.0。宮城県栗原市で震度 7 を記録し、岩手県や宮城県などで津波が確認された ²⁵ 。	地震や津波により東京電力管内及び東北電力管内で火力発電設備や変電設備、架空送電設備等に被害が発生した。最大停電戸数は、東京電力管内で約 405 万戸、東北電力管内で約 466 万戸となった ²⁵ 。
2016 年 4 月	地震	熊本地震	最大震度 7	4 月 14 日に熊本県熊本地方で M6.5 の前震が発生し、熊本県益城町で震度 7 を観測した。その 28 時間後の 4 月 16 日に同地方において M7.3 の本震が発生し、益城町及び西原町で震度 7 が観測された ²⁶ 。	地震により水力発電設備や送電設備、変電設備への被害が発生した。4 月 14 日の前震により最大 16.7 千戸が停電し、4 月 16 日の本震では最大 476.6 千戸が停電した ²⁶ 。
2016 年 10 月	地震	鳥取県中部 地震	最大震度 6 弱	10 月 21 日に鳥取県中部を震源とした M6.6 の地震が発生した。鳥取県の倉吉市葵町等で震度 6 弱が観測された ²⁷ 。	比較的規模の大きい倉吉変電所の一部が停止したことなどにより、最大約 7 万 6 千戸の広域的な停電が発生した ⁸ 。

²⁵ 「東日本大震災時の評価＜電気設備地震対策WG 報告書（平成 24 年 3 月）の概要について＞」（経済産業省 HP）、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/001_s02_00.pdf

²⁶ 「平成 28 年熊本地震を受けた電気設備自然災害等対策ワーキンググループとりまとめ」（経済産業省 HP）、

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/011_01_00.pdf

²⁷ 「平成 28 年（2016 年）鳥取県中部を震源とする地震に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、

http://www.bousai.go.jp/updates/h281021jishin/pdf/h281021jishin_09.pdf

表 1-6 2010 年以降に発生した主な地震の概要及び発生した停電の概要（2／3）

発生日時	災害の種類	名称	災害規模	概況	停電被害
2018 年 9 月	地震	平成 30 年 北海道胆振 東部地震	最大震度 7	9 月 6 日に胆振地方中東部を震源とする M6.7 の地震が発生した。胆振地方中東部で震度 7 が観測された ²⁸ 。	地震により苫東厚真発電所をはじめとした北海道内すべての発電所が緊急停止し、北海道全域の約 295 万戸が停電した ²⁸ 。
2021 年 2 月	地震	福島県沖	最大震度 6 強	2 月 13 日に福島県沖を震源とする M7.3 の地震が発生した。宮城県蔵王町で震度 6 強が観測された ²⁹ 。	地震直後に 6 か所の火力発電所が安全確保のために緊急停止した。東京・東北電力管内において、2 月 14 日 0 時時点で最大 95 万戸の停電が発生したものの、火力発電所の増出力運転や広域の電源融通などにより 14 日午前中に停電が解消された ³⁰ 。

²⁸ 「北海道胆振東部地震に伴う設備被害および復旧対応について」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/pdf/017_01_00.pdf

²⁹ 「福島県沖を震源とする地震に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/updates/r3fukushima_eq_0213/pdf/r3fukushima_eq_higai05.pdf

³⁰ 「令和 2 年度に発生した災害による影響とその対応」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/012_03_00.pdf

表 1-6 2010 年以降に発生した主な地震の概要及び発生した停電の概要（3 / 3）

発生日時	災害の種類	名称	災害規模	概況	停電被害
2022 年 3 月	地震	福島県沖	最大震度 6 強	3 月 16 日に福祉課県沖を震源とする M7.4 の地震が発生した。宮城県登米市や蔵王、福島県国見町や相馬市及び南相馬市で最大震度 6 強を観測した。その他、北海道から九州地方にかけて震度 6 弱～1 を観測した ³¹ 。	地震の影響により 11 か所の火力発電所と 22 か所の水力発電所が停止し、東北電力管内と東京電力管内で合わせて最大約 220 万戸の停電が発生した ^{31,32} 。なお、停電は翌日 17 日の 21:41 までにすべて解消された ³³ 。

³¹ 「令和 4 年福島県沖を震源とする地震に係る関係省庁災害対策会議（第 2 回）」（内閣府 HP）、
https://www.bousai.go.jp/pdf/220322_jishintaisaku.pdf

³² 「3 月 22 日は電力需給が厳しくなる見込みのため東京電力管内で節電のご協力をお願いします【需給ひっ迫警報】」（経産省 HP）、
<https://www.meti.go.jp/press/2021/03/20220321001/20220321001.html>

³³ 「福島県沖を震源とする地震に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、
https://www.bousai.go.jp/updates/r4fukushima_eq_0317/pdf/r4fukushima_eq_0317_04.pdf

表 1-7 2010 年以降に発生した主な火山噴火の概要及び発生した停電の概要

発生日時	災害の種類	名称	災害規模	概況	停電被害
2011 年 1 月	噴火	霧島山 (新燃岳)	マグマ噴火 (中規模)	1 月 26 日以降活発な活動が続き、爆発的噴火が 3 月 7 日 14 時まで計 13 回発生した。また、噴火に伴う降灰が鹿児島県霧島市や宮崎県都城市など山の南東部を中心に広い範囲で観測された ³⁴ 。	--
2016 年 10 月	噴火	阿蘇山 噴火	噴火	10 月 8 日に中岳第一火口で爆発的噴火が発生し、噴煙が高度 11,000m に到達した。現地調査により、大きな噴石が中岳第一火口から 1.2km の範囲に飛散したことが確認されており、火山灰は中岳第一火口の北東方向に広く飛散し、熊本県、大分県、愛媛県、香川県で降灰が確認された ³⁵ 。	噴火の約 20 分後の 2 時 4 分に約 2 万 9 千戸の停電が発生し、3 時 50 分に復帰した。その後 17 時 56 分に約 2 万 7 千戸の 2 回目の停電が発生し、5 時間以上継続した。この停電は一之宮変電所の碍子に付着した火山灰が再び雨で濡れ、絶縁を維持できずに大量の電気が流れたことで発生したものとされる ⁸ 。
2018 年 3 月	噴火	霧島山 (新燃岳)	マグマ噴火	3 月 1 日から噴火が始まり、6 日に 2011 年 3 月以来の爆発が発生した。4 月 5 日の噴火ではごく小規模な火砕流が火口縁から南東側へ約 400m 流下し、噴煙が火口縁上約 8000m と高く上がった ³⁶ 。	--

³⁴ 「霧島山(新燃岳)の噴火による被害状況等について」(内閣府 HP)、
<http://www.bousai.go.jp/updates/pdf/110307kirishimasaigaizyoukyou13.pdf>

³⁵ 「阿蘇山の火山活動の状況等について」(内閣府 HP)、http://www.bousai.go.jp/updates/h28asozan/pdf/h28asozan_02.pdf

³⁶ 「霧島山 有史以降の火山活動」(気象庁 HP)、https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/fukuoka/505_Kirishimayama/505_history.html

1.2.3 2010 年以降の熱波や寒波について

2021 年 8 月に公表された IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書³⁷において、極端な高温（熱波を含む）が、1950 年代以降、ほとんどの陸域で頻度及び強度が増大してきた一方、極端な低温（寒波を含む）の頻度と厳しさが低下してきたことはほぼ確実であることが指摘されている。そのような状況の中で表 1-8 に示すように 2010 年以降、世界で熱波や寒波が複数回発生している。

³⁷ 「IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳」（文部科学省及び気象庁）、<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

表 1-8 2010 年以降世界で発生した熱波や寒波³⁸

発生日時	場所	種類	概況
2015 年 5 月	インド	熱波	インドでは 5 月下旬に熱波に見舞われ、中部や南東部で合計 2300 人以上が死亡したとされている。
2015 年 6 月	パキスタン	熱波	パキスタン南部では 6 月後半に熱波に見舞われ、1200 人以上が死亡したとされている。なお、パキスタン南部のカラチ国際空港の 6 月の平均気温は 33.6℃であった。
2016 年 3～5 月	インド	熱波	インド政府や欧州委員会によると、インドでは 3～5 月に熱波に見舞われ、東部から南東部で合計 580 人以上が死亡したとされている。
2019 年 6～7 月	ヨーロッパ北部～中部	熱波	ヨーロッパ北部から中部において、6～7 月に熱波が発生した。フランスでは 6 月 24 日～7 月 7 日、7 月 21 日～27 日の 2 回に渡って広域で熱波が発生した。フランス南部のヴェラルクでは 6 月 26 日に 46℃の日最高気温が観測され、フランスの国内最高記録を更新した。また、パリでは 7 月 25 日に 42.6℃の日最高気温が観測され、観測が開始された 1872 年以降のパリの最高記録を更新した。フランス以外でも、ドイツで 42.6℃（7 月 25 日）やベルギーで 41.8℃（7 月 25 日）の日最高記録が観測され、国内最高記録となった。
2021 年 2 月	米国中部～南部	寒波	米国の中部から南部を中心に、2 月中旬の寒波により合計 220 人以上が死亡し、240 億米ドルに昇る経済被害が発生したとされる。
2021 年 6～7 月	北米中部～西部	熱波	北米西部では、6 月～7 月の熱波により 1000 人以上が死亡したとされている。カナダ西部のリットンでは 6 月 29 日に 49.6℃の日最高気温が観測され、国内最高記録が更新された。

³⁸ 「世界の年ごとの異常気象」（気象庁 HP）、https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/annual/annual_2021.html をもとにみずほリサーチ & テクノロジー株式会社作成

第2章 火力発電設備の地震動に対する健全性に係る調査

2.1 電気設備自然災害等対策ワーキンググループにおけるこれまでの検討状況について

電気設備自然災害等対策ワーキンググループ（以下、「自然災害 WG」と呼称）において、2014 年から 2015 年にかけて東日本大震災における教訓をもとにした自然災害に強い電力設備及び電力システムのあり方や、地震発生時の電気火災最小化のための対策が検討された。また、2016 年から 2017 年にかけては 2016 年に発生した熊本地震の被害状況や対応を振り返ることで教訓・課題の抽出や検討が実施された。

2021 年に自然災害 WG は再開され、そのなかで 2021 年 2 月に発生した福島県沖地震で影響を受けた火力発電所の被害やその対応について検討された。

2.2 2021 年 2 月に発生した福島県沖地震について³⁹ ⁴⁰

2021 年 2 月 13 日の 23 時 07 分に福島県沖を震源とした M7.3 の地震が発生し、宮城県蔵王町や福島県相馬市、国見町、新地町で震度 6 強が観測された。この地震の直後に 6 ヶ所の火力発電所が緊急停止し、その後さらに 2 ヶ所の火力発電所が停止した。地震の影響により、東京電力管内及び東北電力管内において最大 95 万戸の停電が発生した（2 月 14 日 0 時時点）。その後停電は火力発電所の増出力運転や広域の電源融通により、14 日午前中に解消された。

2.3 地震による火力発電設備被害の原因及び復旧対応について

この地震の影響で停止した主な火力発電所を表 2-1 に示す。また、停止した主な火力発電所の場所を図 2-1 に示す。なお、地震の影響で停止した 8 つの火力発電所は令和 3 年中にすべて復旧し通常運転中となっている⁴⁰。

³⁹ 「福島県沖を震源とする地震に係る被害状況等について」（内閣府 HP）、
http://www.bousai.go.jp/updates/r3fukushima_eq_0213/pdf/r3fukushima_eq_higai05.pdf

⁴⁰ 「令和 3 年 2 月に発生した福島県沖地震の被害とその対応のまとめ」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/014_02_00.pdf

表 2-1 地震の影響で停止した主な火力発電設備⁴¹

発電所名	事業者名	定格出力 電源種別	発電所所在地 の震度	発電停止時刻	停止理由	設備被害
新地発電所 1,2号	相馬共同火力発 電株式会社	200万kw 石炭	6弱	2/13 23:08 (即時)	軸振動大トリップ	・ボイラチューブリーク ・軸受台変形
仙台4号	東北電力株式会 社	46.8万kw LNG	6弱	2/13 23:08 (即時)	軸振動大トリップ	・軸受ファンの筐体損傷
新 仙 台 3- 1,3-2号	東北電力株式会 社	104.6万kW LNG	6弱	2/13 23:08 (即時)	軸振動大トリップ	・設備被害なし
福島天然ガス 1,2号	福島ガス発電株式 会社	118万kW LNG	5強	2/13 23:08 (即時)	軸振動大トリップ	・地震に伴い燃料供給元からの供給が 停止
広野火力5,6 号	株式会社 JERA	120万kW 石炭	6弱	2/13 23:08 (即時)	軸振動大トリップ	・電気集塵機、誘引通風機、石炭コン ベヤ等に不具合
勿来9号	常磐共同火力株 式会社	60万kW 石炭	5弱	2/13 23:08 (即時)	主バーナーの失 火によるトリップ	・設備被害なし（地震に伴うボイラ内セ ンサー誤作動の疑い）
原町1,2号	東北電力株式会 社	200万kW 石炭	5強	1号機：2/14 23:08 2号機：2/14 3:24	チューブリークの 疑い	・ボイラチューブリーク
常陸那珂共 同火力1号	株式会社常陸那 珂ジェネレーション	65万kW 石炭	5弱	2/14 9時解列	石炭灰払出コン ベア動作不良	・多量のクリンカ（石炭灰の焼塊）が落 下し、当該灰払出コンベアが動作不良 ・主蒸気止め弁不良

⁴¹ 電気設備自然災害等対策ワーキンググループの資料⁴⁰をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社が作成

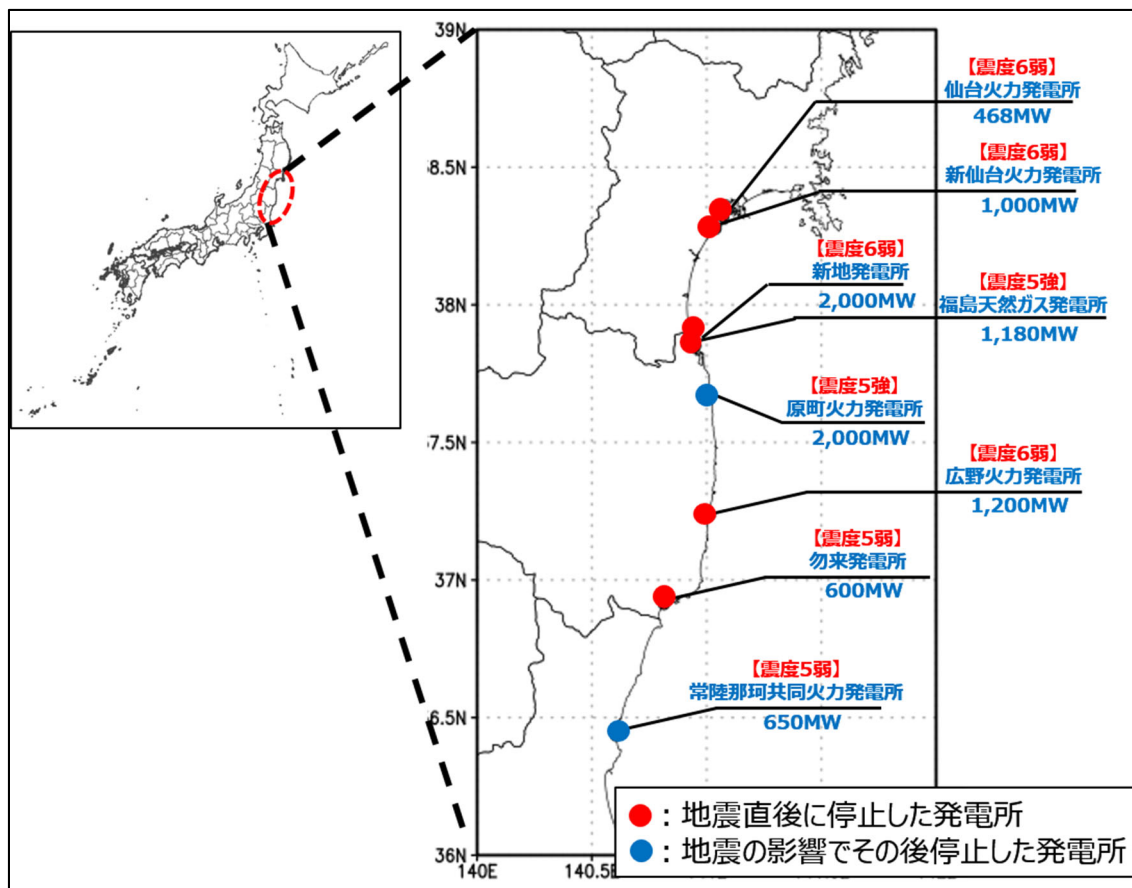


図 2-1 福島県沖地震で影響を受けた主な火力発電所の場所⁴²

2.4 福島県沖地震による被害状況や復旧対応

自然災害 WG において整理された、相馬共同火力発電株式会社の新地発電所 1、2 号機や東北電力株式会社の仙台火力発電所 4 号機、原町火力発電所 1、2 号機及び株式会社常陸那珂ジェネレーションの常陸那珂共同火力 1 号の福島県沖地震による被害や補修状況または被害原因と対策、事業者による復旧に関する課題と対応を表 2-2 に示す。

⁴² 「地理院地図」(国土地理院 HP)、<https://maps.gsi.go.jp/#5/35.764343/136.472168/&b ase=blank&ls=blank&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0&d=m> や「GADM data」(GADM maps and data)、<https://gadm.org/index.html> 等をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社が作成

表 2-2 福島県沖地震による被害や復旧対応（1／3）⁴⁰

発電所	地震による主な被害状況	補修状況又は設備被害原因と対策	復旧に関する課題と対応
新地発電所 1 号機	● ボイラー内部配管の一部破損及び変形 ● 一次タービン第 3 軸受台の変形 ● 中圧タービンノズルフィンの損傷及び湯切りフィンの摩耗	補修状況 ● ボイラー内部の破損及び変形管取替 ● 一次タービン第 3 軸受台変形部の補強（応急処置） ● 中圧タービンノズルフィンの手入れ復旧、中圧タービン油切りフィンの工場修理	修理部品の納期について ● （課題）修理部品の一部に長納期のものがあった。 ● （対策）東日本大震災時の被害箇所を優先点検して早期発注するとともに、長納期品はメーカーの協力を得て納期を短縮した。
新地発電所 2 号機	● ボイラー内部配管の一部損傷及び変形 ● 一次タービン第 3 軸受台の変形、グラウドバリア浮上がり ● 中圧タービンノズルフィンの損傷	補修状況 ● ボイラー内部の損傷配管及び変形配管の取替 ● 一次タービン第 3 軸受台の新製取替、グラウド修理 ● 中圧タービンノズルフィンの損傷の手入れ	作業員の確保 ● （課題）他発電所の定期点検時期だったため 2 機分の作業員を集めることが難しかった。 ● （対策）優先度を決めて対応した。 作業スペースの確保 ● （課題）タービフロアに 2 機分の作業スペースがなかった。 ● （対策）優先度を決めて分解部品を倉庫に移動することで作業スペースを確保した。

表 2-2 福島県沖地震による被害や復旧対応（2 / 3）⁴⁰

発電所	地震による主な被害状況	補修状況又は設備被害原因と対策	復旧に関する課題と対応
仙台火力 4 号機	エンクロージャー換気ファンの転倒や損傷（発電支障事故の要因）	原因 ● 地震により本館建物とファン架台が非同期で揺れたことで伸縮継手の許容変位を逸脱し入口ダクトとファンが衝突した。 ● ファンの据付ボルトへ地震の揺れによる応力と衝突による応力が加わったことで破断し、ファンと電動機が転倒したと推定。 対策 ● 建築対策として、ダクト支持箇所の変更及び追加を実施した。 ● 機械設備対策として、ファン本体の据付ボルト材質変更による強度向上、伸縮継手伸縮量の向上と抵抗力の削減を実施した。	補修部品調達 ● （課題）メーカーの部品在庫が少ないことや、補修部品に受注生産品があり、納期が長期化。 ● （対策）外観や東日本大震災時の被害実績を元に損傷部品を想定して先行調達した。また、メーカーの協力により納期短縮を実現した。短期製作困難な部材は一部を工場修理への切替を実施し、今後は長納期部品を予備品で保有することとした。 作業員の確保 ● （課題）他発電所の定期点検時期と重複したことにより作業員が不足した。 ● （対策）他発電所の定期補修時期を調整することで作業員を確保した。また、メーカーの協力や取引先からの応援により作業員を確保した。
原町火力 1 号機	ボイラー内部配管に一部損傷と広範囲の変形	補修状況 損傷・変形箇所を補修	
原町火力 2 号機	ボイラー内部配管に一部損傷と広範囲の変形	補修状況 損傷・変形箇所を補修	

表 2-2 福島県沖地震による被害や復旧対応（3／3）⁴⁰

発電所	地震による主な被害状況	補修状況又は設備被害原因と対策	復旧に関する課題と対応
常陸那珂共同火力 1号機	● 乾式クリンカコンベヤ不回転、クリンカボトムゲート閉異常他の警報が発生 ● 主蒸気止め弁の動作不良	原因 ● 地震による多量のクリンカ落下、コンベヤ駆動装置の動作伝達不良（カップリングの締付ボルト緩み等） ● 硬質異物の噛み込みによる固着	--（クリンカ落下や異物残存回避のための入念な清掃と建設時の施工確認により発生低減を図る）

2.5 検討結果のまとめ

自然災害 WG において福島県沖地震による被害とその対応について電気設備の健全性や設備被害等に対する復旧迅速化対策の妥当性及び電気設備の規則・制度の妥当性といった観点で検討された⁴⁰。その結果を表 2-3 に示す。

電気設備の規制・制度の妥当性に関する検討の結果、事故から得た知見を関係するすべての事業者等に広めていく取組が重要との結論が出た。それを受けて、従来の取組に加えて電気設備の事故情報を全国規模で集約したデータベースに基づいた事故情報公開サービス「詳報公表システム」の提供が独立行政法人製品評価技術基盤機構により令和 4 年 1 月に開始された^{43 44}。

⁴³ 「NITE が「電気設備の事故情報公開システム」のサービスを開始しました」（経済産業省 HP）、<https://www.meti.go.jp/press/2021/01/20220131001/20220131001.html>

⁴⁴ 「詳報公表システム」（独立行政法人製品評価技術基盤機構 HP）、<https://www.nite.go.jp/gcet/tso/shohopub/search/>

表 2-3 自然災害 WG における検討結果のまとめ⁴⁰

検討のポイント	実施状況とその評価
電気設備の健全性確保の妥当性等	● 震度 6 弱以上の揺れを受けた発電所については、ボイラー配管の損傷・変形及びタービン軸受台の変形等はあったものの、ボイラー・タービン本体等大規模な損壊等の被害はなかったことや技術基準で耐震性の確保が求められている一般的な地震動（震度 5 程度）のものについては、被害が比較的軽微であったことから、現行の技術基準に照らして設備の耐震性は、おおむね確保されていた。 ● 耐震性対策としては、地震の揺れを考慮したダクト等設備の支持箇所の適正設定に加え、全ての機械部品を剛性や強度を重視するのではなく、伸縮継手等を活用した拘束力の低減策等の重要性が再確認された。 ● 東日本大震災後の対策であるボイラー鉄骨のサイズアップやポンプ類等の基礎ボルトサイズアップが有効に機能したことを確認された。
設備被害等に対する復旧迅速化策の妥当性等	● 東日本大震災の教訓を活かした点検箇所の優先順位付けや補修部品の早期発注を実施し、復旧迅速化に寄与したことを確認。 ● 長納期品はメーカーの協力を得て納期の短縮を図った等対策したものの、予備品をあらかじめ保有すべきだったとの課題が残った。 ● 発電所の定期点検時期と重なったことから復旧作業員が不足したことを踏まえ、今後の災害時に備えた相互応援体制の充実について、各社防災業務計画に沿って引き続き検討を深めてことが重要。
電気設備の規制・制度の妥当性等	● 事故報告制度について、類似事故再発防止等の観点から、事故・災害時の電気設備等の被害把握並びにその原因及び再発防止策を定めた事業者からの事故報告を国が正確に把握し、当該情報を関係者に共有していくことが不可欠である。しかしながら、現行の主要電気工作物の破損事故に係る事故報告は、「即時運転停止」が要件となっており、全ての主要な事故・災害を国が把握できるものとなっていない。このため、国は、「即時運転停止」の有無にかかわらず、全ての重大事故・災害を把握できるよう、事故報告制度を改正していく必要性あり。 ● また、大手電力会社間では事故事例を水平展開する取組が実施されているものの、電力自由化等を踏まえ、類似事故の再発防止を図る観点から、事故から得た知見を関係する全ての事業者等に広めていく取組が重要。
その他	今回の地震に伴い建設時の不具合（施工時の締付不良や異物残存）が顕在化した発電所があった。建設時における施工確認や入念な清掃を実施することで、発生低減が図れる事象であることから、この機会を通じて改めて新規建設時や大型改修時の施工に際しての注意喚起としたい。

第3章 寒波が電気設備に与える影響に関する調査

3.1 2021 年に米国テキサス州で発生した寒波の概要について⁴⁵

2021 年 2 月にテキサス州を冬の嵐が襲い、2 月 15 日～18 日に渡り停電が発生した。その停電により、何百万人のテキサス州の住民が影響を受けた。このような大規模な停電が発生した理由としては、火力発電所や風力発電設備等の発電設備が冬の嵐の影響で想定通りの出力で運転できなかったこと、電力需要を低く見積もっていたこと、寒波の到来時期や厳しさを正しく予測できていなかったこと等が挙げられている。

寒波の影響により大規模な停電が発生したことから、この 2021 年 2 月の米国テキサス州での事例を対象として寒波が電気設備に与える影響について調査した。

3.2 2021 年米国テキサス州で寒波により発生した電力設備停止の原因について

テキサス大学オースティン校のレポートによると⁴⁵、発電設備の停止や出力停止容量は 2 月 15 日から 16 日にかけては 50GW を超えていた。発電設備の停止がピークとなった 2 月 16 日午前 8 時の時点での停止した容量の内訳を燃料別にみると、多い順に天然ガス、風力、化石燃料、原子力、太陽光となっていた。停止や出力低下の原因としては気象に関連するものが容量の半分以上を占めていた。気象に関連する停止原因は以下のものが挙げられている。

- 検知管や送水管及びバルブの凍結
- 風力タービンプレード上への氷の堆積
- ソーラーパネルへの氷や雪の堆積
- 風力タービンの低温限界の超過
- 氷や雪が解けたことによる機器の浸水

なお、停止や出力低下の他の原因としては天候に関係のない機器故障や燃料不足が挙げられている。

3.3 テキサス州の寒波に関する法律やガイドライン等の整備状況について

テキサス州では、1989 年 12 月や 2011 年 2 月にも寒波による停電が発生していた。これら過去の事例や、今回取り上げた 2021 年 2 月の事例を教訓として、法律の改正や規則の制定、ガイドラインの作成が実施されている。電気設備の寒冷対策に関する法律やガイドラインを表 3-1 に示す。

⁴⁵ 「The Timeline and Events of the February 2021 Texas Electric Grid Blackouts」
(The University of Texas at Austin)、
[https://www.puc.texas.gov/agency/resources/reports/UTAustin_\(2021\)_EventsFebruary2021TexasBlackout_\(002\)FINAL_07_12_21.pdf](https://www.puc.texas.gov/agency/resources/reports/UTAustin_(2021)_EventsFebruary2021TexasBlackout_(002)FINAL_07_12_21.pdf)

表 3-1 電気設備の寒冷対策に関する法案や規則及びガイドライン（1／2）

種類	名称	内容
法案	Senate Bill 3(SB3)	● 2021 年 2 月の冬の嵐を受けた法案で、ERCOT 管内のガスサプライチェーンやガスパイプライン設備、発電事業者や送電事業者といったエンティティに対して耐候化を求めている。違反した場合には最大 100 万ドルの罰金が科されることも定められている⁴⁶。 ● 2021 年 3 月に法案が提出され、6 月に法案に基づきテキサス州法が改正された⁴⁷。
規則	テキサス行政法§25.55	● テキサス州公益事業委員会（PUC）が SB3 で要求された ERCOT 管内の発電事業者や送電事業者へ気象緊急事態への対策を実施させるために採択された⁴⁸。 ● §25.55 では発電事業者や送電事業者が実施すべき冬季対策の内容等が規定されている⁴⁹。
ガイドライン	Reliability Guideline Generating Unit Winter Weather Readiness – Current Industry Practices – Version 3 ⁵⁰	● 2020 年 12 月に北米電力信頼度協議会（NERC）の信頼性およびセキュリティ技術委員会（RSCT）で承認された。 ● 凍結などの影響を受ける可能性のある重要なコンポーネントやシステムを特定して優先順位付けを実施し、冬季に向けて検査や修理、冬季対策を実施することを奨励している。

⁴⁶ 「Enrolled Bill Summary」（テキサス州議会 HP）、<https://capitol.texas.gov/billlookup/BillSummary.aspx?LegSess=87R&Bill=SB3>

⁴⁷ 「Texas Legislature Online Bill Stages」（テキサス州議会 HP）、<https://capitol.texas.gov/billlookup/BillStages.aspx?LegSess=87R&Bill=SB3>

⁴⁸ 「Order Adopting New §25.55 As Approved at the October 21, 2021 Open Meeting」（テキサス州公益事業委員会 HP）、<https://www.puc.texas.gov/agency/rulesnlaws/subrules/electric/25.55/51840adt.pdf>

⁴⁹ 「§ 25.55」（テキサス州公益事業委員会 HP）、<https://www.puc.texas.gov/agency/rulesnlaws/subrules/electric/25.55/25.55.pdf>

⁵⁰ 「Reliability Guideline Generating Unit Winter Weather Readiness – Current Industry Practices – Version 3」（北米電力信頼度協議会 HP）、

https://www.nerc.com/comm/OC_Reliability_Guidelines_DL/Reliability_Guideline_Generating_Unit_Winter_Weather_Readiness_v3_Final.pdf

表 3-1 電気設備の寒冷対策に関する法案や規則及びガイドライン（2／2）

種類	名称	内容
ガイドライン	Cold Weather Reliability Standards	● 2018 年 1 月に米国中南部に影響を及ぼした寒波による発電支障を受けて提案され、3 つの信頼性基準「EOP-011-2 (Emergency Preparedness and Operations)」⁵¹、「IRO-010-4 (Reliability Coordinator Data Specification and Collection)」⁵²、「TOP-003-5 (Operational Reliability Data)」⁵³から構成されている。⁵⁴2023 年 4 月に NERC から発行される予定となっている⁵⁵。 ● EOP-011-2 では、発電機の所有者へ発電機の凍結防止措置や凍結防止対策の年一回の保守・点検を含む寒冷気象への対策計画の策定を求めている。

⁵¹ 「EOP-011-2 Emergency Preparedness and Operations」（北米電力信頼度協議会 HP）、https://www.nerc.com/_layouts/15/PrintStandard.aspx?standardnumber=EOP-011-2&title=Emergency%20Operations&Jurisdiction=United%20States

⁵² 「IRO-010-4 Reliability Coordinator Data Specification and Collection」（北米電力信頼度協議会 HP）、https://www.nerc.com/_layouts/15/PrintStandard.aspx?standardnumber=IRO-010-4&title=Reliability%20Coordination%20Data%20Specifications%20and%20Collection&Jurisdiction=United%20States

⁵³ 「TOP-003-5 — Operational Reliability Data」（北米電力信頼度協議会 HP）、https://www.nerc.com/_layouts/15/PrintStandard.aspx?standardnumber=TOP-003-5&title=Operational%20Reliability%20Data&Jurisdiction=United%20States

⁵⁴ 「Petition for Approval of Proposed Cold Weather Reliability Standards and Request for Expedited Action」（北米電力信頼度協議会 HP）、https://www.nerc.com/FilingsOrders/us/NERC%20Filings%20to%20FERC%20DL/Petition%20for%20Approval%20of%20Cold%20Weather%20Standards_2019-06.pdf

⁵⁵ 「Standards, Compliance, and Enforcement Bulletin October 4–10, 2021」（北米電力信頼度協議会 HP）、https://www.nerc.com/pa/comp/news/Documents/2021_10_04_StandardsCompliance_Bulletin.pdf

第4章 2021 年度に発生した自然災害に係る設備被害に関する調査

4.1 軽石被害による電力設備被害について

令和 3 年 8 月に小笠原諸島にある海底火山「福德岡ノ場」が噴火し、その噴火による軽石の漂流・漂着が沖縄県や鹿児島県、伊豆諸島を中心に確認された⁵⁶。軽石は発電所の取水設備等へ影響を及ぼす恐れがあるとされていたが、火力発電設備の防塵装置やオイルフェンス等の対策により、漂着した軽石による発電設備トラブルは発生しなかった⁵⁷。

4.1.1 福德岡ノ場の噴火の概要^{58,59}

福德岡ノ場は図 4-1 に示す位置に存在する海底火山である。有史以降の火山活動としては 1904 年から活動が確認されており、1904 年～1905 年と 1914 年に火山島である新硫黄島を出没させた。1986 年の噴火では長径約 600m、高さ 15m の新島が生じたが、噴火終了後に海食によって消滅している。これら 3 回の噴火で噴出した軽石はいずれも粗面安山岩だった。

福德岡ノ場では 2021 年 8 月 13 日に海底噴火が発生し、噴煙が高さ約 16,000m まで上昇した。噴火の様子を図 4-2 に示す。海上保安庁による上空からの観測では、13 日と 15 日に噴火が確認されたが、16 日以降は噴火が確認されていない。この一連の噴火は明治以降に日本列島で発生した噴火の中では最大級の噴火であり、1914 年の桜島火山大正大噴火に次ぐ規模のものとなっている。今回の噴火により、火口近傍に厚く堆積した噴出物により新島が形成されている。噴火に伴う軽石が日本近傍へ漂流してきており、関東地方や鹿児島県、沖縄県で軽石の漂流・漂着が確認されている。2022 年 3 月 7 日時点での衛星画像から推定された軽石分布状況を図 4-3 に示す。

⁵⁶ 「海底火山「福德岡ノ場」の噴火に係る関係省庁対策会議（第 4 回）」（内閣府 HP）、
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/fukutokuokanoba/dai4/siryou.pdf>

⁵⁷ 「今冬の安定供給並びに自然災害への対応について」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/pdf/014_05_02.pdf

⁵⁸ 「福德岡ノ場[ふくとくおかのば] Fukutoku-Oka-no-Ba」（気象庁 HP）、
https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/331_Fukutoku-Oka-no-Ba/331_index.html

⁵⁹ 「海底火山「福德岡ノ場」の噴火に係る関係省庁対策（第 1 回）」（内閣府 HP）、
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/fukutokuokanoba/dai1/siryou.pdf>



図 4-1 福德岡ノ場の位置⁶⁰

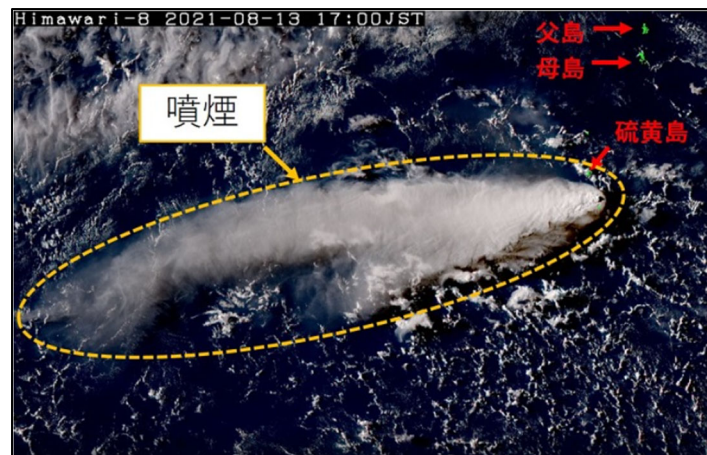


図 4-2 8 月 13 日 17 時 (JST) の気象衛星ひまわりの観測による画像 (JMA, NOAA/NESDIS, CSU/CIRA) ⁶¹

⁶⁰ 「地理院地図」(国土地理院)、
<https://maps.gsi.go.jp/#14/24.279790/141.496353/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1&d=m> をもとにみずほ&リサーチテクノロジーズ株式会社作成

⁶¹ 「福德岡ノ場の海底噴火」(気象庁 HP)、
https://www.data.jma.go.jp/sat_info/himawari/obsimg/image_volc.html#volc

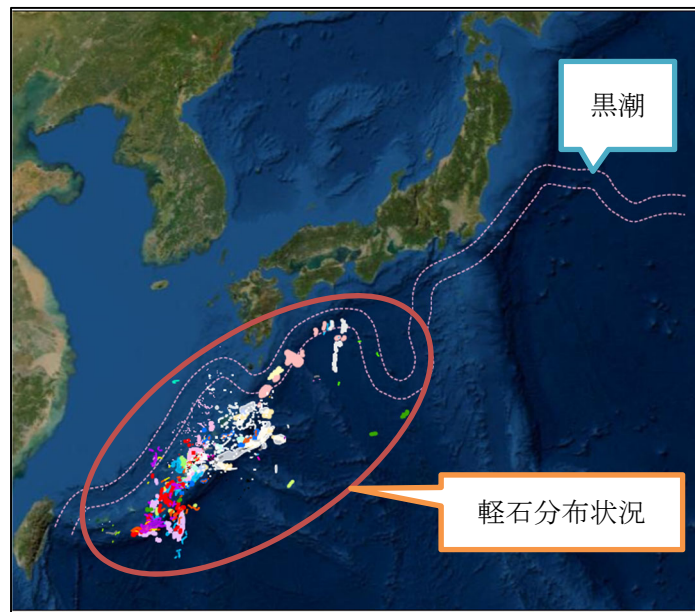


図 4-3 軽石漂着状況（3/7 時点）⁶²

4.1.2 発電所における軽石漂着への対応

火力発電所において、海水は主に復水器の冷却水に使用されている。冷却用海水ポンプで取水した海水を復水器に送り、タービンで仕事を終えた蒸気と熱交換を行った後に海へ放流されている。また、離島の内燃力発電所では海水をエンジン冷却設備に使用している場合もある。火力発電設備における冷却用海水の取水方式としては表層取水方式と深層取水方式の2方式が存在しているが、いずれも除塵装置が設置されているため軽石の流入は阻止される。上記に加えて追加の対策も実施されており、海水系統の監視強化に加えて軽石漂着状況に応じてオイルフェンスの事前準備や展張が実施されている。また、離島の内燃力発電所の中で冷却に海水を利用している発電所では海水取水設備のスクリーンの手前により目の細かいネット状のスクリーンを追加設置するという対策が実施されている⁵⁷。

⁶² 「軽石分布状況」（国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 HP）、
<https://sentinelasia.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b85938275e66494ca822312c124dd55b> をもとにみずほリサーチテクノロジーズ株式会社作成

4.2 トンガ海底火山噴火による電力設備被害について

日本時間の 2022 年 15 日 13 時 10 分ごろにトンガの首都ヌクアロファの北約 65 キロメートルに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生した。1 月 15 日 14 時 10 分における気象衛星ひまわりの観測による噴火の様子を図 4-4 に示す。噴火に伴う地震・津波によりトンガ国内で建物の浸水被害や国際電話・インターネットの通信障害が発生した⁶³。本噴火に伴い日本においても潮位変化が確認され、1 月 16 日 2 時 26 分に岩手県の久慈港で 1.1m の潮位変化が確認された⁶⁴。

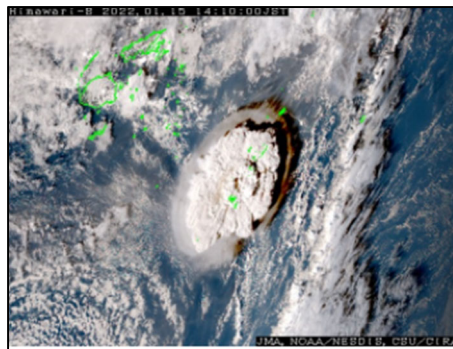


図 4-4 2022 年 1 月 15 日 14 時 10 分 (JST) の気象衛星ひまわりの観測による画像 (JMA, NOAA/NESDIS, CSU/CIRA) ⁶⁵

4.2.1 フンガトンガ・フンガハアパイ (フンガ火山) の噴火の規模とトンガにおける被害について

フンガ火山はインド・オーストラリアプレート下に太平洋プレートが沈み込んで形成されたトンガ・ケルマディック弧の安山岩質海底火山である。火山の頂部には径約 4km のカルデラが存在しており、カルデラ外輪の一部がフンガトンガ島、フンガハアパイ島、それらの南の岩礁として 2022 年の噴火までは海面上に顔を出していた。今回の火山活動は 2021 年 12 月 20 日から始まったとされており、2022 年 1 月 15 日まで断続的に継続した。噴火はジェット上の噴煙を特徴とするスルツエイ式のマグマ水蒸気爆発だった。現地時間 1 月 14 日 4 時 20 分 (日本時間 0 時 20 分頃) に始まった噴火は特に激しく、噴煙が高度 20km の成層圏に達して海面には火砕流が広がり、小規模な津波が発生した。現地時間 1 月 15 日 17 時 (日本時間 13 時頃) に始まった噴火はさらに大規模であり、噴煙は高度 30km に達し傘上に広がった噴煙の直径は 600km を超えてトンガの島全体を覆いつくした。1 月 15

⁶³ 「トンガ北部における噴火、地震及び津波の発生」(外務省 HP)、
https://www.mofa.go.jp/mofaj/a_o/ocn/to/page4_005486.html

⁶⁴ 「令和 4 年 1 月 15 日 13 時頃のトンガ諸島付近のフンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山の大規模噴火に伴う潮位変化について(第 2 報)」(気象庁 HP)、
<https://www.jma.go.jp/jma/press/2201/16b/kaisetsu202201161415.pdf>

⁶⁵ 「令和 4 年 1 月 17 日フンガ・トンガ-フンガ・ハアパイ火山の大規模噴火」(気象庁 HP)、
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/photo/index.html#20220117_pic1

日の噴火の特徴としては、噴煙高度が 30km に達したことから火山爆発指数が 5 ないし 6 であることが挙げられる。これは 2021 年 8 月に圧制した福徳岡ノ場の噴火（指数 4）より大きい規模が大きいことを示している⁶⁶。

トンガ王国においては、この噴火によって降灰や津波が発生し、海底の光ファイバーケーブルが切断されるといった被害が発生した。海底ケーブルの切断により、インターネットや国際電話が繋がらなくなるという影響があった⁶⁷。噴火後に停電が発生したという情報がニュースサイト等で確認されたものの、電気設備の被害に関する詳細な情報は確認できなかった。

4.2.2 日本における潮位変化について⁶⁸

フンガ火山の噴火の影響により、日本でも潮位変化が発生した。噴火発生後に周辺海域で潮位変化が観測されていたことから、気象庁は日本へ津波の伝わる経路上にある国外の津波観測点を監視した。それらの観測点で大きな潮位変化がなかったため、1 月 15 日 19 時 3 分に太平洋沿岸で若干の海面変動が予測されるものの、津波による被害の心配はない旨の情報発表が気象庁から行われた。その後、20 時頃から日本各地で大きな潮位変化が観測され始めた。津波として計算した到達予想時刻よりもかなり早く観測されたこと及び先だって気圧の急変が見られたことから、この潮位変化は地震に伴い発生する通常の津波とは異なるメカニズムで発生したものであると考えられており、検討が進められている。

⁶⁶ 「高性能光学センサ（ASTER）衛星画像でフンガ火山（トンガ王国）の状況を確認」（国立研究開発法人 産業技術総合研究所地質調査総合センターHP）、<https://www.gsj.jp/hazards/volcano/tonga2022/index.html>

⁶⁷ 「大使挨拶 雲間からの光—この度の災害と皆様からの支援—」（在トンガ日本国大使館 HP）、https://www.ton.emb-japan.go.jp/itpr_ja/11_000001_00320.html

⁶⁸ 「長官会見要旨（令和 4 年 1 月 19 日）」（気象庁 HP）、https://www.jma.go.jp/jma/kishou/tyoukan/2022/dg_20220119.html

4.3 電磁パルスが電気設備に与える影響について

これまで国の検討会や国会において、太陽フレアに伴う磁気嵐や電磁波攻撃が電気設備に与える影響が検討されてきた。以下に太陽フレアや電磁波攻撃による電気設備への影響について整理した。

4.3.1 太陽フレアによる電気設備への影響について^{69 70}

巨大な太陽フレア（太陽表面で発生する大爆発）は磁気嵐という地球の磁気の急激な変動の発端となる。この磁気嵐により大きな誘導電流が系統に流れることにより電気システムに影響が生じる可能性がある。そのため、2014年に経済産業省の電気設備自然災害等対策ワーキンググループにおいて電気設備の影響が検討⁶⁹された。その検討によると、太陽フレアによる磁気嵐が電気設備に与える影響としては、以下のようなものが考えられる。

（ア）変圧器への影響

変圧器への影響としては、直流分が流れ込むことで変圧器磁気回路に飽和が生じ、鉄心付近が過熱するとされる。特に直接設置かつ長距離送電線の末端に設置されている変圧器において影響が出やすいと考えられている。

（イ）電圧低下

変圧器鉄心の飽和により無効電力消費が増大し、電圧低下を生じるとされる。

（ウ）高調波の発生

変圧器鉄心の飽和により高周波成分が系統に発生し、各機器の動作特性に悪影響を与えることがあるとされる。

（エ）保護リレーの動作不良

地磁気誘導電流が大きい場合に保護リレーが不要動作するとされる。

過去に発生した磁気嵐による電気設備への影響が出た主な事例としては、1989年にカナダで発生した停電が挙げられる。この事例では太陽フレアに伴う磁気嵐の影響で停電が発生した。停電時間は9時間にのぼり、600万人に影響し復興まで数カ月を有したとされている。停電発生メカニズムとしては、太陽フレアに伴う磁気嵐により磁気誘導電流が発生し、

⁶⁹ 「産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会電気設備自然災害等対策ワーキンググループ中間報告書」（経済産業省 HP）、
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/20140624_report.html

⁷⁰ 「日本の送電網に影響を与えるメカニズム」（総務省 HP）、
https://www.soumu.go.jp/main_content/000791937.pdf

それにより変圧器鉄心が飽和して高調波が発生した。高調波により調相設備の保護装置が動作したことで調相設備が停止したことで長距離送電系統における安定的な送電ができなくなり送電線が停止した結果大容量水力発電が送電不可能となり停電に至ったとされている。日本とカナダを比較すると、日本の送電線は最長でも 100km～200km 程度であり、神田のような 1000km もの比べると短く、また地理的特徴として磁気緯度がカナダより低く（カナダ 65° 程度、日本 20～35° 程度）、磁気嵐の影響も少ないことが挙げられる。そのため、日本における太陽フレアに伴う磁気嵐の影響は限定的であるとされる。

近年においても太陽フレアに伴う磁気嵐による電力設備への影響の検討は引き続き実施されており、送電網を流れる地磁気誘導電流を予測する手法の開発等が実施されている。

4.3.2 電磁パルス攻撃による電気設備への影響について^{71 72 73}

電磁波は太陽フレアのような自然現象だけでなく、兵器などにより発生するものも存在する。技術の発展により、瞬時に強力な電磁波を発生させることで電子機器に過負荷をかけ、誤作動させたり破壊したりする電磁パルス (EMP) 攻撃が現実的な脅威となっている。EMP 攻撃については国会でも国防の観点から取り上げられており^{74,75}、また原子力発電所や核燃料再処理工場等が EMP 攻撃を受けた場合の安全確保についての質問がなされている⁷⁶。

EMP 攻撃の中でも核兵器や核爆発装置を利用した巨大な威力を持つものが存在する。例えば約 10 キロトン程度の小型の核兵器や核爆発装置を上空 30km～400km の高高度で爆発した際に発生する(高高度電磁パルス:HEMP)といったものも存在している。この HEMP により、瞬時に半径数百～数千 km 以内に存在する電気系統に影響を及ぼすことができると推定されている。

鬼塚隆志(2016)⁷³においては、EMP 攻撃の種類は以下の 2 つに大別されている。

(ア) 核爆発を利用する EMP 攻撃

高高度(地上 30km～400km)における核爆発によって発生する HEMP を利用する攻撃で、電気機器等を破壊する地域は極めて広大となる。この攻撃はさらに通常の核弾頭・核爆発装置を用いる EMP 攻撃と特殊設計の核弾頭・核爆発装置を用いるスーパー EMP 攻撃に区分される。

⁷¹ 「令和 3 年版防衛白書」(防衛省 HP)、<https://www.mod.go.jp/j/publication/wp/>

⁷² 「電磁パルスとは? HEMP など電磁パルスによる被害の仕組み・原理と対策」(Beyond Our Planet)、<https://www.rd.ntt/se/media/article/0036.html>

⁷³ 「高高度電磁パルス (HEMP) 攻撃の脅威－喫緊の課題としての対応が必要－」、鬼塚隆志、CISTEC Journal 2016.11 No.166、<https://www.e-nsr.com/publications/index/8>

⁷⁴ 「第 174 回国会衆議院予算委員会第 3 号平成 22 年 1 月 22 日」(国立国会図書館 HP)、<https://kokkai.ndl.go.jp/#/detail?minId=117405261X00320100122¤t=1>

⁷⁵ 「第 196 回国会安全保障委員会第 2 号(平成 30 年 3 月 20 日(火曜日))」(衆議院 HP)、https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb_kaigiroku.nsf/html/kaigiroku/001519620180320002.htm

⁷⁶ 「電磁パルス攻撃に対する原子力関連施設の安全確保に関する質問主意書」(参議院 HP)、<https://www.sangiin.go.jp/japanese/joho1/kousei/syuisyo/195/syuh/s195007.htm>

(イ) 核爆発を利用しない EMP 攻撃

バッテリーの電力を変圧する特別な装置あるいは強力な化学反応や爆発によってほぼ瞬間的に発生する強力マイクロ波（HPM）を利用する攻撃であり、電子機器等を破壊する地域は核爆発を使用する EMP 攻撃より矮小である。

また、HEMP は初期 HEMP（E1）、中間期 HEMP（E2）、終期 HEMP（E3）の 3 つのパルスが発生させる。それぞれのパルスの特徴は以下の通りであるとされている。

- 初期 HEMP（E1）

HEMP の最初に発生する強力なパルス状の電磁波。周波数は MHz 以上の高周波数帯となり、爆発地点から見通せる範囲の電気器具や電子機器、あるいはそれらを使用したシステムに電磁波として直接侵入するほか、電話線や電線経由でも侵入する。

- 中間期 HEMP（E2）

核爆発のガンマ線により発生する。E1 の次に地上に到達し、kHz～MHz の中周波数帯の電磁パルスが数ミリ秒間継続する。電話線や電線経由で電子機器に入り込み、E1 が破壊した箇所を中心にさらなる損傷や破壊を引き起こす。

- 終期 HEMP（E3）

核爆発で発生する火球によって引き起こされる。太陽フレアと同程度の低周波数帯（KHz）以下の電磁パルスで、高圧送電線等到大電流が発生させる。

NTT 宇宙環境エネルギー研究所のオウンドメディアである「Beyond Our Planet」の記事⁷²によれば、高周波数帯、中周波数帯、低周波数帯の EMP は以下のメカニズムで機器を破壊するとされている。

- 高周波数帯の EMP

数十センチ程度の短いケーブルにも侵入して高電圧が発生させる。発生した高電圧は電子デバイスや部品などの耐性許容限度以上の電圧がかかる過電圧状態にし、絶縁破壊・短絡させることで故障させる。

- 中周波数帯の EMP

電線や電話線などの数十メートル以上のケーブルに侵入して高電圧が発生させることでケーブルに接続された電気機器を過電圧状態にして絶縁破壊・短絡させることで故障させる。

- 低周波数帯の EMP

長大な送電線などの数十メートル以上のケーブルに高電圧や大電流を発生させる。発生する電流の大きさは送電線の長さに比例するため、非常に長い送電線では 1,000 アンペア以上にもなるといわれている。この大電圧や大電流は変電設備などの故障を引き起こすため、広域での停電が発生する可能性がある。

HEMP の被害を受ける地表の範囲は爆発の高度に応じて広くなり、爆心高度 100km で日本の本州がほぼすべて被害範囲に含まれるといわれている。

4.4 2022 年 3 月 16 日に発生した福島県沖地震について

2022 年 3 月 16 日 23 時 36 分に福島県沖を震源とする M7.4 の地震が発生し、宮城県登米市や蔵王町、福島県国見町や相馬市及び南相馬市の 5 つの市町村で最大震度 6 強が観測された。他にも北海道から九州地方にかけての広い範囲で震度 6 弱から震度 1 が観測された³¹。この地震により 11 か所（14 基）の火力発電所と 22 か所の水力発電所が停止した³¹³²。地震により停止した火力発電所の一覧を表 4-1 に示し、発電所の場所を図 4-5 に示す。

この地震により東北電力管内で最大約 148,100 戸、東京電力管内で最大約 2,085,430 戸の停電が発生した³¹が、翌日 17 日の 21:41 までにすべて解消された³³。

表 4-1 R4 年 3 月の福島県沖地震により停止した火力発電所

都道府県	発電所名	主な燃料	出力 (kw)	事業者名
岩手県	釜石火力発電所	石炭	149,000	日本製鉄株式会社
宮城県	石巻雲雀野発電所 1 号機	石炭	149,000	日本製紙石巻エネルギーセンター株式会社
宮城県	新仙台火力発電所 3 - 1 号機	天然ガス	523,000	東北電力株式会社
宮城県	新仙台火力発電所 3 - 2 号機	天然ガス	523,000	東北電力株式会社
宮城県	仙台パワーステーション	石炭	112,000	仙台パワーステーション株式会社
福島県	福島天然ガス発電所 1 号機	天然ガス	590,000	福島ガス発電株式会社
福島県	福島天然ガス発電所 2 号機	天然ガス	590,000	福島ガス発電株式会社
福島県	新地火力発電所 1 号機	石炭	1,000,000	相馬共同火力発電株式会社
福島県	相馬石炭・バイオマス発電所	石炭	112,000	相馬エネルギーパーク合同会社
福島県	原町火力発電所 1 号機	石炭	1,000,000	東北電力株式会社
福島県	広野火力発電所 広野 5 号機	石炭	600,000	株式会社 JERA
福島県	広野火力発電所 広野 6 号機	石炭	600,000	株式会社 JERA
茨城県	茨城工場第一発電所 3 号機	天然ガス	112,300	日立造船株式会社
横浜市	根岸ガス化複合発電所	石油	431,450	ENEOS 株式会社

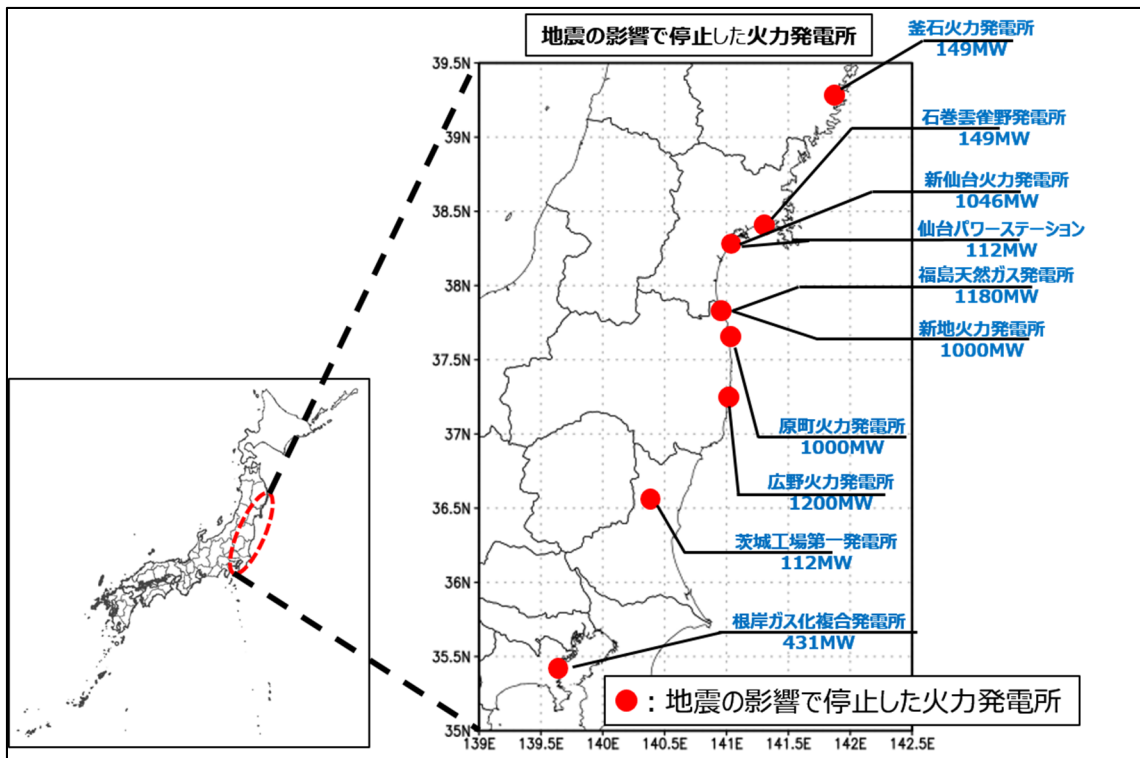


図 4-5 R4 年 3 月の福島県沖地震により停止した火力発電所⁷⁷

⁷⁷ 「地理院地図」(国土地理院 HP)、<https://maps.gsi.go.jp/#5/35.764343/136.472168/&base=blank&ls=blank&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f0&d=m> や「GADM data」(GADM maps and data)、<https://gadm.org/index.html> 等をもとにみずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社が作成

第5章 その他海外における自然災害等に係る設備被害及びその対策に関する調査

5.1 近年米国加州で発生した山火事について

カリフォルニア州森林防火局 (CAL FIRE) によれば、米国のカリフォルニア州では 2013 年以降、大小含めて年間数千件の山火事が発生している⁷⁸。その中でも 2018 年に発生した「Camp Fire」と呼ばれる火災と、2019 年に発生した「Kincade Fire」と呼ばれる火災は電気設備が火災の原因であるといわれていたことから、火災の原因や熱波との関係について調査した。Camp Fire 火災と Kincade Fire 火災の概要と原因について表 5-1 に示す。

カリフォルニア公益事業委員会 (CPUC) による Camp Fire の調査の結果、PG&E 社の保守・点検は CPUC の命令やカリフォルニア州の法律に違反していたことが判明した⁷⁹。

Camp Fire と Kincade Fire の両火災の原因は PG&E 社の電気設備であったものの、熱波は直接的な山火事の原因ではなく、あくまで火災の拡大に間接的に影響を及ぼしたものであることがわかった。

⁷⁸ 「Incidents」(カリフォルニア州森林防火局 HP)、<https://www.fire.ca.gov/incidents/>

⁷⁹ 「Appendix A SED Incident Investigation Report for 2018 Camp Fire with Attachments」(カリフォルニア公益事業委員会 HP)、
https://www.cpuc.ca.gov/-/media/cpuc-website/industries-and-topics/documents/wildfire/staff-investigations/i1906015-appendix-a-sed-camp-fire-investigation-report-redacted.pdf?sc_lang=en&hash=FC40497355B496C4BE040275A72A43B4

表 5-1 山火事の概要及び原因

火災名	概要
Camp Fire	● ビュート群で 2018 年 11 月 8 日に火災が発生し、11 月 25 日まで続いた。この火災により約 15 万エーカー（約 6 万 ha）が焼け、約 1 万 8 千の建造物が被害を受け、3 人がけがをし、85 人が死亡した⁸⁰。 ● 火災の原因は、パシフィック・ガス・アンド・エレクトリック（PG&E）社の 115kv の送電鉄塔であるとされている⁷⁹。碍子とジャンパー線を支えている C フックと呼ばれる部品が壊れたことでジャンパー線が鉄塔に接触し、そのアーク放電により鉄塔とジャンパー線の一部が溶融した。その溶融物が地面の乾いた植生に落下して引火したことが出火原因であるとされている⁸¹。 ● 燃えやすい乾いた植生と強風、低湿度、高温といった環境が火災を促進したとされている⁸²。
Kincade Fire	● ソノマ群で 2019 年の 10 月 23 日に火事が発生し、11 月 6 日まで続いた。この火災により約 8 万エーカー（約 3 万 ha）が焼け、約 400 の建造物が被害を受け、4 人がけがをした⁸³。 ● 火災の原因は PG&E 社の送電鉄塔のジャンパー線であるとされている⁸⁴。燃えやすい乾いた植生と強風、低湿度、高温といった環境が火災を促進したとされている⁸⁵

⁸⁰ 「Camp Fire Incident」（カリフォルニア州森林防火局 HP）、<https://www.fire.ca.gov/incidents/2018/11/8/camp-fire/>

⁸¹ 「THE CAMP FIRE PUBLIC REPORT A SUMMARY OF THE CAMP FIRE INVESTIGATION June 16, 2020」（ビュート群 HP）、<http://www.buttecounty.net/Portals/30/CFReport/PGE-THE-CAMP-FIRE-PUBLIC-REPORT.pdf?ver=2020-06-15-190515-977>

⁸² 「CAL FIRE Investigators Determine Cause of the Camp Fire」（カリフォルニア州森林防火局 HP）、https://www.fire.ca.gov/media/5121/campfire_cause.pdf

⁸³ 「Kincade Fire Incident」（カリフォルニア州森林防火局 HP）、<https://www.fire.ca.gov/incidents/2019/10/23/kincade-fire/>

⁸⁴ 「Criminal Charges Filed Against PG&E Related to the Kincade Fire」（ソノマ群 HP）、<https://sonomacounty.ca.gov/DA/Press-Releases/Criminal-Charges-Filed-Against-PGandE-Related-to-the-Kincade-Fire/>

⁸⁵ 「CAL FIRE Investigators Determine Cause of the Kincade Fire」（カリフォルニア州森林防火局 HP）、https://www.fire.ca.gov/media/11163/kincadefire_2019_cause.pdf

5.2 その他熱波が原因となった設備故障や停電の事例について

米国において 5.1 に挙げた山火事以外の熱波が関係している可能性のある設備故障や停電の事例として、以下の 2 つを調査した。

- ① 米国カリフォルニア州で 2021 年 8 月に発生した干ばつによる水力発電所の停止⁸⁶
干ばつの影響によりオロビル湖の水位が低下したことが原因で、エドワードハイアットという水力発電所が停止した。
- ② 米国ワシントン州で 2021 年 6 月に発生した熱波を受けた保護停電⁸⁷
電力会社の Avista 社は高温と電力使用量の大幅な増加を受け、電気システムの負担軽減及び長期停電に繋がる大規模な損傷を防ぐことを目的として保護停電を実施した。

これら 2 つの事例は熱波に関係しているものの、停電に至った直接的な原因は干ばつによる水位低下や電力需要の増加によるものであり、熱波が直接の原因となっていたわけではない。

5.3 PG&E 社の山火事対策について

ユーティリティ関連の山火事を減らすため、電力会社は山火事緩和計画（WMP）を作成してカリフォルニア州エネルギーインフラ安全局に提出し、承認を受けることが州法⁸⁸により定められている⁸⁹。その定めに基づき、PG&E 社も毎年 WMP を策定している。

PG&E 社の山火事を防ぐための主な取り組みとしては、植生管理や電気インフラの安全性検査、電力システムの強化及び公的電源遮断（PSPS）などが挙げられる⁹⁰。表 5-2 に取り組みの概要を示す。

⁸⁶ 「DWR Statement on the Status of Hyatt Powerplant at Lake Oroville」（カリフォルニア州水資源局 HP）、<https://water.ca.gov/News/News-Releases/2021/Aug-21/Hyatt-Statement>

⁸⁷ 「Avista acknowledges heat-related outages and plans for operations on Tuesday Continued conservation urged as extreme heat wave continues」（Avista 社 HP）、<https://investor.avistacorp.com/news-releases/news-release-details/avista-acknowledges-heat-related-outages-and-plans-operations>

⁸⁸ 「CHAPTER 6. Wildfire Mitigation」（California Legislative Information HP）、https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/codes_displayText.xhtml?lawCode=PUC&division=4.1.&title=&part=&chapter=6.&article=

⁸⁹ 「Wildfire Mitigation Plans」（カリフォルニア州エネルギーインフラ安全局 HP）、<https://energysafety.ca.gov/what-we-do/electrical-infrastructure-safety/wildfire-mitigation-and-safety/wildfire-mitigation-plans/>

⁹⁰ 「Community Wildfire Safety Program」（Pacific Gas and Electric Company HP）、https://www.pge.com/en_US/safety/emergency-preparedness/natural-disaster/wildfires/community-wildfire-safety.page

表 5-2 PG&E 社の山火事を防ぐ為の主な取り組みについて^{90 91 92}

項目	取り組み内容
植生管理	● 樹木や枝を送電線や電気設備から遠ざけるために剪定作業などの植生管理を実施している。 ● PG&E 社では火災の危険性が高い地域では送電線の周囲 4 フィート（約 1.2m）のクリアランスが必要であるとしているが、年間を通じてクリアランスを確保するために選定時には 12 フィート（約 3.6m）以上のクリアランスを確保することが推奨されている。 ● 枯れ木などの送電線に危険を及ぼす恐れのある植生の撤去を実施している。 ● 送電線の上や周囲に張り出した枝の伐採や、送電線や電気設備に接触する可能性のある樹木の状態の評価を実施している。
電気インフラの安全性検査	● 送配電設備や変電設備の検査を通じて、潜在的なリスクを見つけて対応している。 ● 電柱の地上検査や送電設備の地上検査や昇塔検査、場合によってはヘリコプターやドローンを使用した空中検査が実施されている。 ● 2020 年には 15000 マイル以上の電線が検査予定であるとされる。
電力システムの強化	● 山火事のリスクを減らすために、耐火性電柱への置き換えや裸電線の被覆電線への置き換え、及び配電線の地下への敷設等が実施されている。
公的電源遮断（PSPS）	● カリフォルニア州など西部の州では山火事のリスクが高まっている。乾燥と強風により樹木やがれきが通電している電線に接触して設備に損傷を与え、山火事を引き起こす可能性がある。山火事を防ぐために悪天候の場合には電気を切る場合があり、これを公的電源遮断と呼ぶ。 ● PG&E 社で PSPS を実施する場合の判断要素としては、湿度が 30% 以下であること、強風（時速 20 マイル（≒約 9m/s）以上の強風と時速 30～40 マイル（≒約 13～17m/s）の突風）が予想されること、植生の乾燥状態や火災警報などが挙げられる。

⁹¹ 「PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY 2020 WILDFIRE MITIGATION PLAN REPORT UPDATED RULEMAKING 18-10-007 FEBRUARY 28, 2020」（Pacific Gas and Electric Company HP）、https://www.pge.com/pge_global/common/pdfs/safety/emergency-preparedness/natural-disaster/wildfires/wildfire-mitigation-plan/2020-Wildfire-Safety-Plan.pdf

⁹² 「PACIFIC GAS AND ELECTRIC COMPANY 2021 WILDFIRE MITIGATION PLAN REPORT RULEMAKING 18-10-007 FEBRUARY 5, 2021」（Pacific Gas and Electric Company HP）、https://www.pge.com/pge_global/common/pdfs/safety/emergency-preparedness/natural-disaster/wildfires/wildfire-mitigation-plan/2021-Wildfire-Safety-Plan.pdf

第6章 「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」の運営

自然災害が電力設備へ与える影響及びその対策について、経済産業省電力安全課様が開催された「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」の資料作成に協力し議事録を作成した。当該 WG は 2021 年 7 月～12 月間に計 3 回開催された。ワーキンググループの開催状況を表 6-1 に示す。

表 6-1 WG 開催状況

	開催日	主な議題
第 12 回	令和 3 年 7 月 5 日	1. 「電気設備自然災害等対策ワーキンググループ」の再開趣旨について 2. 最近の自然災害等における電気設備の被害及びその対応について 3. 自然災害等を巡る現状等と議論の進め方について
第 13 回	令和 3 年 9 月 6 日	1. 第 12 回 WG の振り返りと指摘事項への回答について 2. 令和 3 年 2 月に発生した福島県沖地震の被害概要とその対応について 3. 令和 3 年夏に発生した大雨による電力設備への被害の概要について
第 14 回	令和 3 年 12 月 24 日	1. 第 13 回 WG の振り返りと指摘事項への回答について 2. 令和 3 年 2 月に発生した福島県沖地震の被害とその対応のまとめ 3. 令和 3 年 4 月に発生した火力発電所の事故とその対応について 4. 寒波・熱波に対する対応について 5. 最近の自然災害等に対する対策について

二次利用未承諾リスト

報告書の題名：令和3年度産業保安等技術基準策定研究開発等事業
(自然災害に係る電力設備保安に関する調査事業) 報告書

委託事業名：令和３年度産業保安等技術基準策定研究開発等事業（自然災害に係る電力設備保安に関する調査事業）

受注事業者名：みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社

[illegible]