

令和２年度新エネルギー等の保安規制高度化
事業委託調査
(大規模火山噴火に対する保安高度化推進事業)

報告書

2021 年 3 月



みずほ情報総研株式会社

(空白ページ)

<目次>

第1章	本検討の目的及び体制	1
1.1	本検討の背景と目的.....	1
1.2	本検討の実施体制	2
第2章	降灰情報の把握と降灰リスクに対する初動対応・事前対策の文献調査.....	4
2.1	調査の概要	4
2.2	日本の活火山.....	4
2.3	降灰による電力設備への影響.....	6
2.3.1	発電設備への影響.....	6
2.3.2	配電線・送電線への影響.....	7
2.3.3	変電所への影響.....	8
2.3.4	過去の噴火時における停電の発生状況	9
2.4	富士山噴火における降灰予測及び電気設備への影響検討	12
2.5	火山の噴火対策体制等の関連情報.....	17
2.5.1	国内の火山対策の体制.....	17
2.5.2	富士山噴火に備えた体制・災害対策.....	18
第3章	降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査.....	20
3.1	降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査にあたっての注意事項	20
3.2	令和2年度に実施された富士山噴火による降灰シミュレーション結果	21
3.3	停電影響リスクモデルの検討.....	29
3.4	配電線、送電線、変電所への影響検討	39
3.4.1	検討方針の検討.....	39
3.4.2	配電線に対する影響検討.....	40
3.4.3	送電線に対する影響検討.....	46
3.4.4	変電所に対する影響検討.....	49
3.4.5	配電線、送電線、変電所に対する影響範囲と復旧体制の整理.....	51
3.5	発電設備への影響検討	53
3.5.1	発電供給支障の検討方針.....	53
3.5.2	火力発電に対する影響検討 ¹⁾	53
3.5.3	水力発電設備に対する影響検討	62
3.5.4	太陽光発電設備に対する影響検討	63
3.5.5	発電設備への影響検討結果	66
第4章	検討のまとめ.....	67
4.1	電力供給に係る初動対応、事後対策及び克服すべき課題	67
4.2	発電供給支障に係る初動対応、事後対策及び克服すべき課題.....	68
4.3	水平展開すべき事項の整理.....	69

(空白ページ)

第1章 本検討の目的及び体制

1.1 本検討の背景と目的

大規模噴火時には山麓のみならず、火山から離れた遠隔地においても火山灰が堆積し、国民生活、社会経済活動に大きな混乱が生じることが懸念されている。

経済産業省では、平成26年1月から「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」において、広範な電気設備の自然災害（特に大規模地震、水災、台風、噴火等）への影響と対策について、検討を行ってきたところである。

一方、中央防災会議は、令和2年4月に「大規模噴火時の広域降灰対策について」において、富士山噴火をモデルケースにして、電気設備においては、降雨時に3mm以上の降灰があると碍子の絶縁性能の低下による停電が発生することや、環境負荷低減に向けて、社会的に導入が進められてきた太陽電池発電設備の発電量がゼロになること、火力発電所の吸気フィルターの交換頻度の増加等による発電量が低下することなど、電力供給上のリスクも指摘されている。

このため、本調査では、エネルギー供給支障となる電気設備の降灰リスクを調査し、火山噴火時の初動対応や降灰リスクに対する事前対策について検討することを目的とした。

1.2 本検討の実施体制

本調査では、エネルギー供給支障となる電気設備の降灰リスクを調査し、火山噴火時の初動対応や降灰リスクに対する事前対策及び事後対策について検討することを目的とし、電力システム、電力設備への影響及び防災に関する有識者及び事業者からなる「富士山噴火に伴う降灰による被害想定調査・検討ワーキンググループ」（以下、「WG」という。）を設置し検討を実施した。

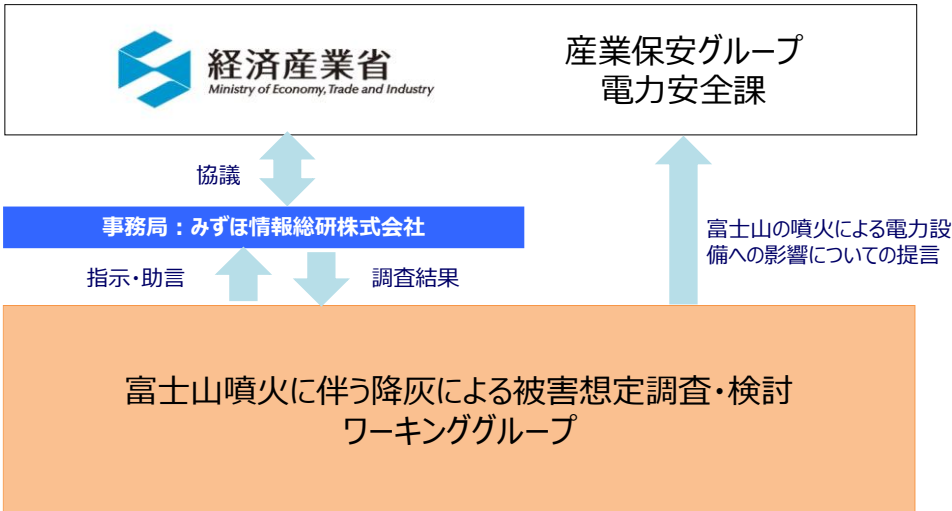


図 1.1 実施体制図

表 1.1 富士山噴火に伴う降灰による被害想定調査・検討 WG 委員名簿

（五十音順、敬称略）

	飯岡 大輔	東北大学 大学院工学研究科 電気エネルギーシステム専攻 准教授
	伊藤 裕明	中部電力株式会社 総務・広報・地域共生本部 防災グループグループ長
座長	小野 亮	東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授
	菅 弘史郎	電気事業連合会 工務部長
	花島 誠人	国立研究開発法人 防災科学技術研究所 総合防災情報センター センター長補佐
	本間 宏也	電力中央研究所 電力技術研究所 気体絶縁・放電現象領域 上席研究員
	矢田 照博	東京電力ホールディングス株式会社 経営企画ユニット 総務・法務室 防災グループマネージャー（部長）

表 1.2 WG 開催状況

	開催日	主な議題
第 1 回	令和 3 年 2 月 3 日	・ WG 設置主旨 ・ 降灰情報の把握と降灰リスクに対する初動対応・事前対策の文献調査 ・ 降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査
第 2 回	令和 3 年 2 月 24 日	・ がいし絶縁への降灰影響範囲推定法の整備状況について ・ 降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査について ・ 各設備への影響についての考え方の整理
第 3 回	令和 2 年 3 月 12 日	・ 降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査について ・ 設備別復旧対応方針についての検討結果

第2章 降灰情報の把握と降灰リスクに対する初動対応・事前対策の文献調査

2.1 調査の概要

噴火リスクの高い火山が存在する地域において、降灰情報と降灰による電力設備への影響について調査し、整理を行う。

2.2 日本の活火山

日本国内には、111 の活火山が存在している。そのうち 48 火山において噴火警戒レベル（いつ・どこから誰が避難するか）が設定されている。

図 2.1 の左図に日本における活火山、図 2.1 の右図に噴火警戒レベルが設定されている火山を示す。

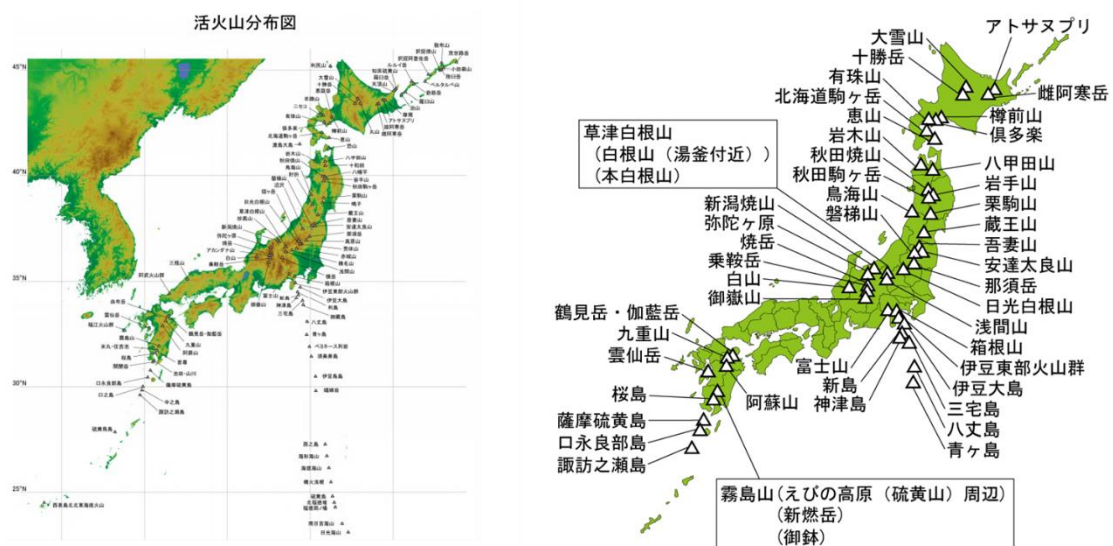


図 2.1 日本における活火山について¹⁾

噴火警戒レベルは火山活動の状況に応じて「警戒が必要な範囲」と防災機関や住民等の「とるべき防災対応」を 5 段階に区分して発表する指標である。気象庁の HP では、警戒レベル 2 以上の火山について、火山活動の状況が公開されている。48 火山の噴火警戒レベルを表 2.1 に示す。また、各警戒レベルの概要を図 2.2 に示す。

¹ 気象庁 HP

表 2.1 活火山の噴火警戒レベル²⁾

警戒レベル	火山名
警戒レベル 3	桜島、口永良部島
警戒レベル 2	草津白根山（湯釜付近）、浅間山、霧島山（新燃岳）、薩摩硫黄島
警戒レベル 1	上記以外の火山（富士山、阿蘇山、箱根山島など）

種別	名 称	対象範囲	レベルとキーワード	説明		
				火山活動の状況	住民等の行動	登山者・入山者への対応
特別 警戒	噴火警戒 （居住地域） 又は 噴火警戒	居住地域 及び それより 火口側	レベル 5 避難	 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。	危険な居住地域からの避難等が必要（状況に応じて対象地域や方法を判断）。	
			レベル 4 避難準備	 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まってきている）。	警戒が必要な居住地域での避難の準備、要配慮者の避難等が必要（状況に応じて対象地域を判断）。	
警戒	噴火警戒 （火口周辺） 又は 火口周辺警戒	火口から 居住地域 近くまで	レベル 3 入山規制	 居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活（今後の火山活動の推移に注意。入山規制）。状況に応じて要配慮者の避難準備等。	登山禁止・入山規制等、危険な地域への立入規制等（状況に応じて規制範囲を判断）。
		火口周辺	レベル 2 火口周辺規制	 火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。	通常の生活。	火口周辺への立入規制等（状況に応じて火口周辺の規制範囲を判断）。
予報	噴火予報	火口内等	レベル 1 活火山であることに留意	 火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。		特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。

図 2.2 噴火警戒レベルの概要³⁾

²⁾ 令和 3 年 3 月 26 日現在

³⁾ 気象庁 HP

2.3 降灰による電力設備への影響

大規模噴火発生時の降灰による発電設備・送配電設備への影響について文献調査を実施した。

2.3.1 発電設備への影響

大規模噴火の発生による発電設備への影響としては、吸気系の機能低下が挙げられる。

以下に、大規模噴火発生時の降灰による発電設備の影響に関する情報の整理結果を示す。

(1) 現象について⁴⁾⁵⁾

吸気系の機能低下は、ガスタービン発電設備の吸気フィルターへの火山灰の詰まりや破損が発生し機能低下する現象である。急激な差圧の上昇や、通常よりも早期の取替管理値への到達等により、フィルターが破損した場合、高温のタービン内にガラスを含む火山灰が混入し故障するといった支障が起り得る。

(2) 過去の事例

国内において火力発電設備を対象とした調査では、火山の噴火による影響を受けた火力発電所は、確認することができなかった。なお、火山の噴火が比較的多い九州地方の桜島、阿蘇山、霧島山及び雲仙普賢岳等の近年噴火実績のある火山の影響範囲に、火力発電は存在しなかった。

(3) 事前・事後対策⁴⁾⁵⁾

事前・事後の対策としては、主にフィルターの延命化、取替の工夫が挙げられる。具体的には下記の通りである。

- プレフィルター、中性能フィルターを組み合わせることで、より多くの火山灰の捕獲が可能
- 火山情報を把握しながら事前に交換用のフィルターの早期調達及び交換作業要員の確保
- 詰まり状況の把握のため、フィルターの差圧の監視強化
- 必要に応じて発電出力の抑制または停止措置等によりフィルターの延命化を図り、計画的な交換を実施（フィルターは、降灰厚 2cm 程度の地点で平均 10 日毎の取替が必要と考えられている。）

フィルターの延命化のための電力需要の変化に合わせた運転時間の制限（昼間運転、夜間

⁴ 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

⁵ 山元ら（2016）吸気フィルターの火山灰目詰試験

停止等)により、対象 6 発電所出力合計の 2～3 割程度の供給力低下が想定されている。

2.3.2 配電線・送電線への影響

大規模噴火の発生による送電線への影響としては、主に碍子からの漏電と碍子のひだ欠けが考えられる。文献調査の結果から過去に数件の降灰による配電線への影響による停電の発生事例が確認できた。また、過去の火山噴火による送電線への影響を起点とした停電の発生については確認することができなかった。

なお、停電の発生事例の情報源は、主に新聞記事等であり、約 1 時間以上の停電の発生が対象となっている。このため、新聞のニュースの対象外となる、切り替え等の作業によって停電が回避される事故や数分程度の停電の影響については、対象外としている。

以下に、大規模噴火発生時の降灰による送電線への影響の情報の整理結果を碍子からの漏電と碍子のひだ欠けに分けて説明する。

(1) 碍子からの漏電

(a) 現象について⁶⁾⁷⁾

火山灰粒子が碍子に付着し、絶縁抵抗が低下することで漏れ電流が増加しフラッシュオーバーが発生し漏電、停電が発生する現象である。火山灰は湿った条件においてのみ導電性を有するため、雨天時等の湿った環境下で発生する。碍子の形状、組成、設置方法により火山灰の付着の仕方が異なり、種々の検討が実施されている。

(b) 過去の事例⁸⁾

配電線において碍子からの漏電により停電が発生した事例を表 2.2 に示す。いずれの事例においても降灰直後に雨が降るか、霧の発生が観測されている。

表 2.2 配電線における碍子からの漏電による停電発生状況⁸⁾

時期	火山名	内容
昭和 53 年～ 昭和 60 年	桜島	泥灰が電柱碍子に粘着し、鹿児島市内及び桜島町等で停電が発生。
平成元年	阿蘇山	一の宮町を中心に降灰がみられ約 3700 戸が停電

(c) 事前・事後対策⁶⁾⁷⁾⁸⁾

事前・事後の対策としては、主に碍子に降灰が付着し難いような工夫を施すことが挙げられる。具体的には下記の通りである。

⁶⁾ 本間ら (2019) 火山灰の付着による送電用がいし絶縁性能への影響評価ー降灰付着特性と注水フラッシュオーバー特性ー

⁷⁾ 川畑ら (1995) 火山灰汚損がいしの漏れ電流特性

⁸⁾ 平成 30 年 9 月 11 日大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ

- 耐塩碍子の使用
- 火山灰がひだ部分にたまらないように碍子の設置角度の工夫
- 碍子洗浄装置の設置
- 事故復旧資材として支持碍子等を準備
- 碍子の汚染値を測定し、管理値及び降灰付着状況によって碍子洗浄の実施
- 絶縁抵抗が高い碍子の使用（碍子を長くする）

(2) 碍子のひだ欠け⁹⁾

(a) 現象について

噴石により碍子のひだが損傷する現象である。

(b) 事前・事後対策

事前・事後の対策としては、ひだ欠け等に対応できるように必要資材を確保することが挙げられる。

2.3.3 変電所への影響

大規模噴火発生時の降灰による発電設備への影響としては、碍子からの漏電が挙げられる。

以下に、発電設備への影響の情報の整理結果を説明する。

(1) 現象について

配電線と同様、火山灰粒子が碍子に付着し、絶縁抵抗が低下することで漏れ電流が増加しフラッシュオーバーが発生し漏電、停電が発生する現象である。

(2) 過去の事例¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾

変電所において碍子からの漏電により停電が発生した事例について1例確認することができた。

表 2.3 に変電所を起点とした停電発生事例を示す。

⁹⁾ 高橋ら (1996)長期化・大規模化した雲仙普賢岳の火山災害におけるライフラインの被害と復旧に関する調査

¹⁰⁾ 平成 28 年に発生した事故・災害への対応等について（電力安全小委員会資料）

¹¹⁾ 熊本日日新聞

¹²⁾ 九州電力ヒアリング

表 2.3 変電所における碍子からの漏電による停電発生状況

時期	火山名	内容
平成 28 年	阿蘇山	変電所の碍子への降灰の付着と絶縁低下による漏電により停電が発生 阿蘇市を中心に以下の 2 回の停電が発生 午前 2 時頃、約 29,000 戸、約 1 時間 45 分の停電（降雨なし） 午後 6 時頃、約 27,000 戸が最長 5 時間半の停電（降雨発生後） ※この変電所は、配電用の変電所であり、通常 2 回線であるが、噴火(H28/10)の 6 か月前に発生した熊本地震（H28/4）による被害に伴い、停電発生時は 1 回線受電の状態で運用されていた 碍子に付着した降灰

(3) 事前・事後対策

事前・事後の対策としては、変電所の屋内化が挙げられる。実際、桜島の噴火の影響範囲である鹿児島県では、昭和 60 年以降変電所の屋内化が実施されており、昭和 61 年以降、桜島の噴火による停電の発生事例は、確認できなかった。

2.3.4 過去の噴火時における停電の発生状況

過去に発生した火山の噴火による停電発生状況の整理結果を表 2.4～表 2.6 に示す。

表 2.4 過去の噴火時における停電発生状況¹³⁾

火山名	主な降灰時期	主な観測所における降灰堆積量	停電	降雨の有無
桜島	昭和 50 年代～ 60 年代	鹿児島県では、昭和 53 年より県内 58 か所（一部昭和 54 年より）にて定点観測を実施	あり： 7 回	あり ※詳細は表 2.5 参照
阿蘇山	平成元年～2 年	1 日当たり 3,728 g/m ² (平成 2 年) 阿蘇山測候所（黒川観測点）	なし	あり
雲仙岳 (普賢岳)	平成 3 年～7 年	1 日当たり 576 g/m ² (平成 5 年) 雲仙岳測候所	なし*1	
霧島山 (新燃山)	平成 23 年 1 月～ 3 月	年間 8,848 g/m ² (平成 23 年) 都城市観測（山田地区）	なし	あり（平成 23 年 1 月 28 日 17 時、20 時に 0.5 mm/h の降水量を観測 都城）
御嶽山	平成 26 年	932 g/m ² 御嶽ロープウェイ駅 (広範囲に降灰が確認。噴出源から東に約 85 km離れた地点で 1 g/m ² 程度)	なし	あり、降雨による洗浄効果により絶縁低下がないと整理 (平成 26 年 9 月 27,28 日 御嶽山)
箱根山	平成 27 年	ロープウェイ大涌谷駅付近等で降灰を確認 (具体的な降灰量は不明)	なし	あり（平成 27 年 6 月 30 日 22 時～24 時に 1.0～0.5 mm/h の降水量を観測 箱根）
草津白根山	平成 28 年 1 月	26.16～11,221 g/m ² 草津国際スキー場での観測値	なし*2	なし（平成 27 年 1 月 23 日 草津）
阿蘇山	平成 28 年 10 月	3,800 g/m ² (平成 28 年 10 月 7 日、8 日) 福岡管区気象台による聞き取り、現場調査	あり： 2 回	なし/あり (1 回目は降雨の実績なし、2 回目は、降雨後の停電)
浅間山	平成 29 年 8 月	群馬県嬬恋村及び長野原町、長野県軽井沢町でごくわずかな降灰を確認（具体的な降灰量は不明）	なし	あり（平成 29 年 8 月 7 日 16 時～24 時に 0.5 ～3.0 mm/h の降水量を観測 軽井沢）
霧島山 (新燃山)	平成 30 年 4 月	500 g/m ² 程度 JR 吉都線・宮崎自動車道付近	なし	あり（平成 30 年 4 月 6 日 10 時～13 時に 1.0～3.5 mm/h の降水量を観測 都城）

*1 土石流、火砕流による送電鉄塔の倒壊、配電線の倒壊による停電は発生している。

*2 噴火に伴う配電線に断線事故が発生したが、降灰の影響によるものではない。また、一般家庭での停電は発生していない。

¹³⁾ 各種データを元にみずほ情報総研が作成

表 2.5 昭和 50 年代～60 年代における桜島の噴火による停電発生状況¹⁴⁾

停電発生日	発生場所	影響件数	停電要因	継続時間	降雨	降灰量 g/m ²
昭和 53 年 7 月 29 日～31 日	鹿児島市吉野町	2,500 戸	配電線の絶縁低下	3 日程度	あり	16,156
昭和 54 年 11 月 22 日	鹿児島市古里町	2,100 戸	配電線の絶縁低下	1 時間	あり	1,677.6 (赤水町)
昭和 55 年 5 月 8 日	鹿児島市吉野町	3,700 戸	配電線の絶縁低下	1 時間 40 分	あり	1,528.3
昭和 59 年 6 月 3 日	鹿児島市星ヶ峯	3,600 戸	配電線の絶縁低下	約 40 分	あり	992.6 (広木町)
昭和 60 年 8 月 11 日	鹿児島市吉野町	6,500 戸	配電線の絶縁低下	約 1 時間半	あり	16,977.7
	鹿児島市坂元町	6,500 戸	配電線の絶縁低下	約 1 時間半後より復旧	あり	2,388.6
	鹿児島市吉田町			開始	あり	4,645.6

表 2.6 阿蘇山噴火による停電発生状況¹⁵⁾

停電発生日	発生場所	影響件数	停電要因	継続時間	降雨	降灰量 g/m ²
平成 2 年 4 月 20 日	熊本県阿蘇市一の宮町	3,700 戸	配電線の絶縁低下	完全復旧まで約半日	あり	3,728
平成 28 年 10 月 9 日 (噴火直後のほか、雨の降り 始めの 2 回発生)	熊本県阿蘇市、南阿 蘇村、高森町等	29,000 戸 27,000 戸	変電所内設備の絶縁 低下	1 時間 45 分 5 時間 30 分	なし あり	3,800

¹⁴⁾ 停電に関する情報は南日本新聞、降灰量に関する情報は鹿児島県 HP を参考にみずほ情報総研が作成

¹⁵⁾ 停電に関する情報は南日本新聞、降灰量に関する情報は電気設備自然災害等対策 WG 資料、福岡管区気象台 地域火山監視・警報センター平成 28 年(2016 年)の阿蘇山の火山を参考にみずほ情報総研が作成

2.4 富士山噴火における降灰予測及び電気設備への影響検討

(1) 降灰シミュレーション

富士山噴火による降灰シミュレーションは、富士山ハザードマップ検討委員会（平成 16 年度）及び大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ（令和 2 年度）にて実施されている。

図 2.3 に平成 16 年の富士山ハザードマップ検討委員会における降灰シミュレーションの結果を示す。

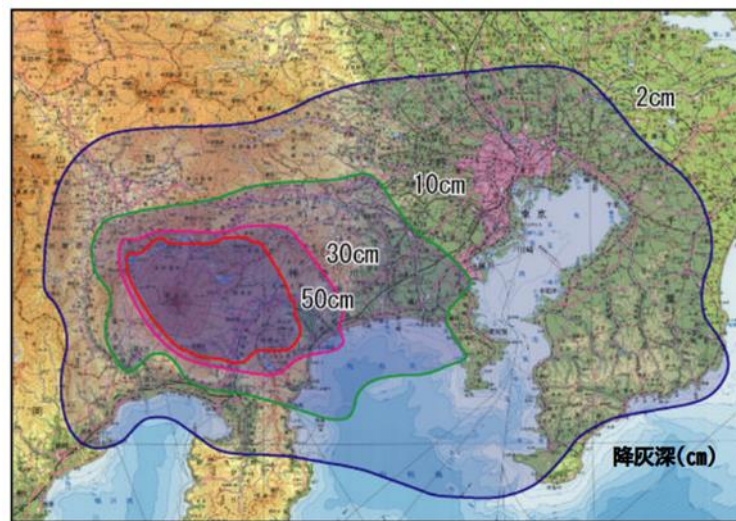


図 2.3 富士山ハザードマップ検討委員会における降灰量¹⁶⁾

また、広域降灰対策検討ワーキンググループ（令和 2 年度）では、風向きに応じて 3 ケースの条件を想定したシミュレーションを実施している。図 2.4 に大規模噴火時の広域降灰対策検討 WG における降灰シミュレーションの結果を示す。

¹⁶⁾ 内閣府 HP(<http://www.bousai.go.jp/kazan/fujisan-kyougikai/report/>)

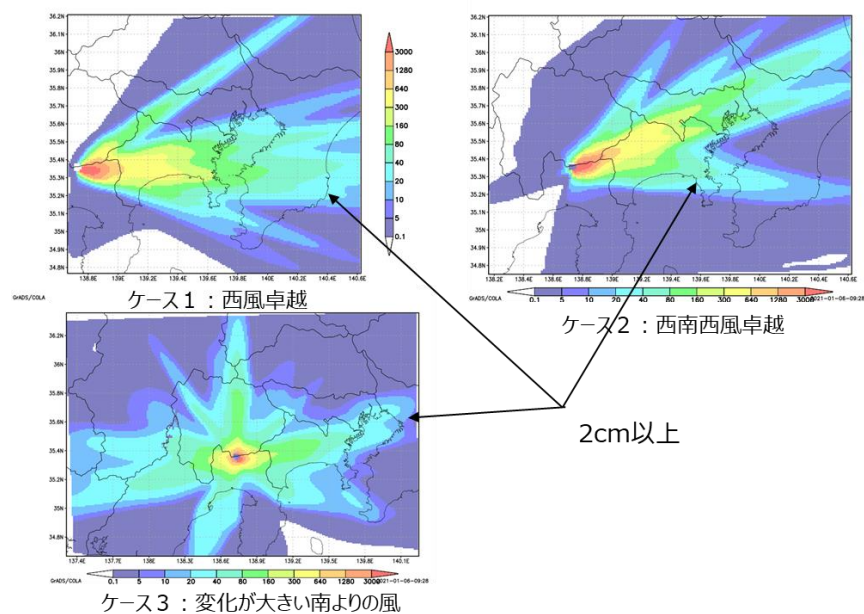


図 2.4 大規模噴火時の広域降灰対策検討 WG における降灰量¹⁷⁾

(2) 富士山噴火時の降灰による電気設備の体制評価

平成 26 年の電気設備自然災害等対策 WG⁴⁾では、富士山ハザードマップ検討委員会（平成 16 年）での降灰予測に応じた電気設備の耐性評価が実施されている。

以下に、平成 26 年の電気設備自然災害等対策 WG における電気設備の体制評価の情報の整理結果を示す。

(a) 発電設備への影響

コンバインドサイクル（ガスタービン）発電所地点の降灰深を確認し、ガスタービン吸気フィルターの詰まりの影響の評価を実施した。対象とした発電所は、東京電力 6 発電所（発電出力計 1,534 万 kW）、降灰深はいずれも 2cm であった。富士山ハザードマップにおける降灰量と発電所の関係を図 2.5 示す。

¹⁷⁾ 内閣府 HP(<http://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/index.html>)

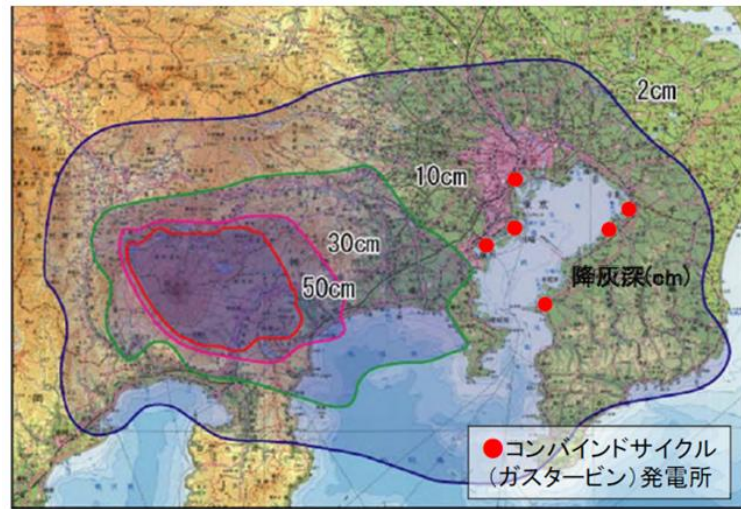


図 2.5 富士山ハザードマップにおける降灰と発電所の関係⁴⁾

発電所における降灰量から、吸気フィルターへの火山灰の詰まりによる急激な差圧の上昇と、通常よりも早期の取替管理値への到達が懸念され、フィルター取替頻度は、降灰量とフィルター粉塵捕集性能から、約 10 日毎（平均）であることが検討された。

また、発電設備に対しては以下の対策が検討された。

- 火山情報を把握しながら、事前に交換用のフィルターの早期調達及び交換作業要員の確保（フィルターの取り換えには、数日程度／ユニット。現状の要員で対応可能。）
- 詰まり状況の把握のため、フィルターの差圧の監視強化。
- フィルターの詰まり状況と調達状況を勘案しながら、必要に応じて発電出力の抑制または停止措置等によりフィルターの延命化を図り、計画的な交換を実施（需要の変化に合わせて 2～3 割抑制の可能性あり）。

(b) 送電設備への影響

富士山ハザードマップにおいて降灰分布 30cm 以上の範囲にある 17 万 V 以上の設備は変電所一箇所、鉄塔基数 125 基（2 ルート）であった。降灰分布の 30cm 以上の範囲では、確認できた九州地方の降灰の最大降灰量（観測の実測値）を超過していた。

図 2.6 に検討結果を示す。

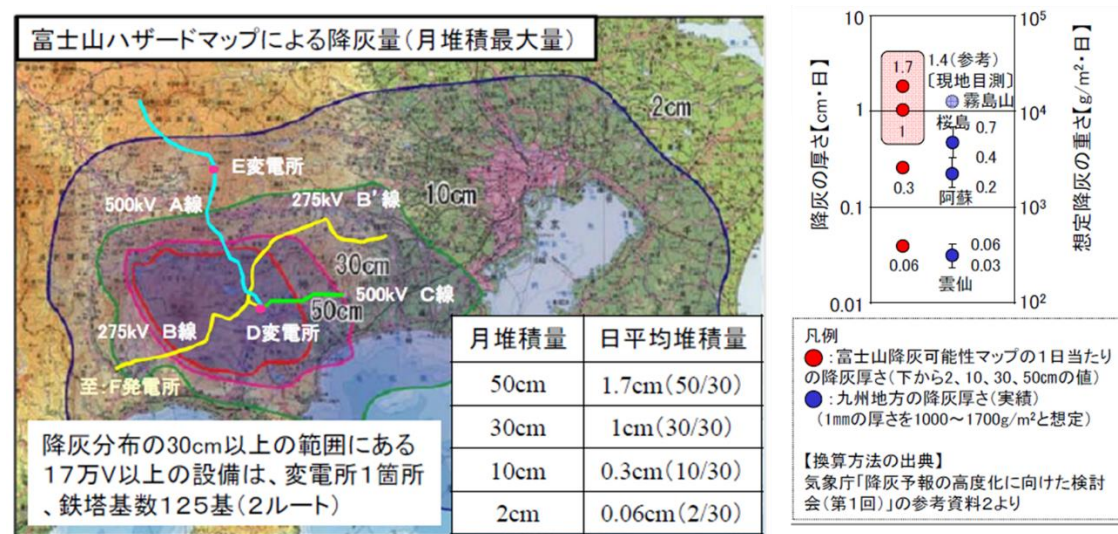


図 2.6 降灰シミュレーションによる送電設備への影響検討⁴⁾

しかし、当該範囲にある17万V以上の全設備で電気事故が発生した場合でも、電力供給に必要な最小限の設備(1ルート確保)に対して、灰を除去できる体制(要員数)を有していることが確認され、著しい供給支障には至らないとされた。

(c) 送配電設備への影響

周辺環境により、降灰時に局所的に電気事故が発生する可能性は否定できないことから、巡視・点検等で現場の降灰状況を確認し、風による飛散や雨洗効果の可能性も考慮しながら必要に応じて予防保全的措置としての灰除去作業を実施することとする。また電気事故が発生した場合も、汚損碍子の清掃を実施することで、機能回復が可能であるため、著しい供給支障には至らないという検討結果が示された。

図 2.7 に降灰対策のフローを示す。また、図 2.8 に降灰除去作業の例、図 2.9 に ITV カメラで確認された雨洗浄効果の状況を示す。

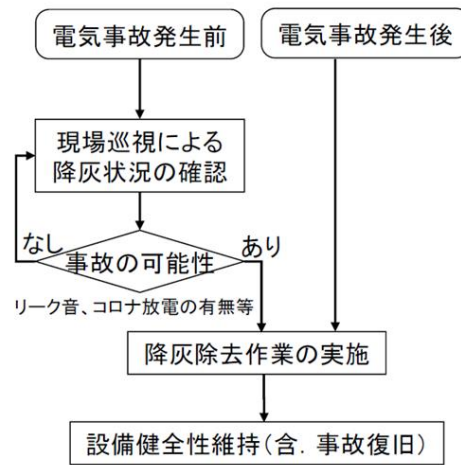


図 2.7 降灰対策基本フロー⁴⁾



図 2.8 降灰除去作業の例⁴⁾



図 2.9 ITV カメラで確認された雨洗効果の状況⁴⁾

2.5 火山の噴火対策体制等の関連情報

2.5.1 国内の火山対策の体制

(1) 活動火山対策特別措置法

活火山に対しては、活動火山対策特別措置法に基づき、火山防災協議会を設置し、平常時から噴火時の避難について検討を実施し、検討結果から避難開始時期・避難対象地域の設定に基づき、気象庁は「警戒が必要な範囲」を明示し、噴火警戒レベルを付して、地元の避難計画と一体的に噴火警報・予報を発表する。図 2.10 に、火山防災協議会、噴火警戒レベル、避難計画との関係性を示す。

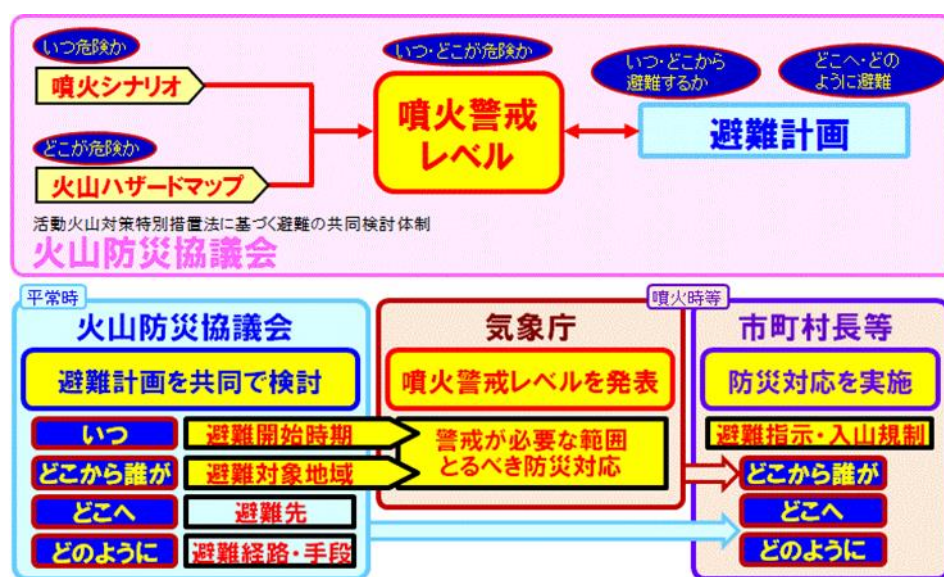


図 2.10 活動火山対策特別措置法¹⁸⁾

(2) 火山噴火予知連絡会

昭和 49 年に火山噴火予知計画により関係機関の研究及び業務に関する成果及び情報の交換、火山現象についての総合的判断等を目的とした火山噴火予知連絡会が設置された。事務局は気象庁が担い、委員は学識経験者及び関係機関の専門家から構成されている。連絡会は年 2 回開催され、全国の火山活動について総合的に検討を行う他、火山噴火などの異常時には、臨時的にも開催され、火山活動について検討し、必要な場合は統一見解を発表している。平成 18 年 11 月に設置された火山活動評価検討会では、中長期的な噴火の可能性の評価、噴火シナリオの点検、活火山の認定、及び噴火現象の即時的な把握手法等について検討を行っている。

¹⁸⁾ 気象庁 HP

2.5.2 富士山噴火に備えた体制・災害対策

(1) 気象庁による富士山の観測

気象庁では富士山の火山活動の状態の観測を実施している。具体的な観測項目を以下に示す。

- 震動観測（地震計による火山性地震や火山性微動の観測）
- 空振観測（空振計による空振の観測、空気の振動の観測）
- 遠望観測（監視カメラ等による観測）
- 地殻変動観測（GNSS、傾斜計等による地殻変動の観測）
- 熱観測（火口周辺の地表面温度分布の観測等）
- 機上観測（上空からの火口内や地熱域等の様子や火山噴出物の分布等の観測）
- 火山ガス観測
- 噴出物調査

また、図 2.11 に観測点と各観測点の観測項目を示す。

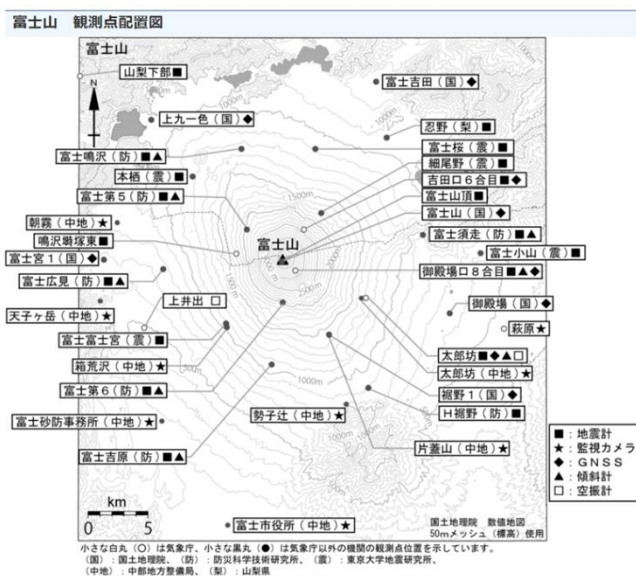


図 2.11 富士山で実施している観測点¹⁹⁾

(2) 富士山周辺自治体の地域防災計画における火山災害対策

富士山周辺自治体（東京、埼玉、神奈川、群馬、山梨、長野、静岡、愛知）のうち、愛知県以外は地域防災計画において火山に対する対策を策定している。その中でも、東京、埼玉、神奈川、山梨、長野、静岡は富士山の噴火に対する対策を策定している。

以下に、東京都と山梨県の対策の概要を説明する。

¹⁹⁾ 気象庁 HP

(a) 東京都²⁰⁾

東京都では地域防災計画の中で、「富士山ハザードマップ検討委員会報告書」（平成 16 年 6 月）に示された被害想定をもとに、富士山噴火による降灰への予防・応急・復旧対策を策定している。

記載内容の一部を以下に示す。

- 東京都内の降灰の状況は、関係市町村からの情報をもとに、東京都が整理し、気象庁地震火山部火山課火山監視・警報センターが集約。
- 降灰調査項目は、降灰の有無及び堆積の状況、時刻及び降灰の強さ、構成粒子の大きさ、構成粒子の種類、特徴等、堆積物の採取、写真撮影、降灰量及び降灰の厚さ(可能な場合)。
- 降灰時には、視界不良による衝突事故やスリップ事故等が急増することが予想されるため、警視庁が交通規制を実施。
- 降灰により道路が被害を受けた場合、道路管理者が復旧を図る。

(b) 山梨県²¹⁾

山梨県では、地域防災計画で富士山の火山防災に対する予防・応急・復旧対策が策定されている。火山現象の影響想定範囲は、「富士山ハザードマップ検討委員会報告書」（平成 16 年 6 月）で示された範囲としている。

記載内容の一部を以下に示す。

- 降灰時には、県及び市町村が協力して降灰分布を把握し、甲府地方気象台等から降灰に係る風向・風速情報を収集し、報道機関の協力を得て降灰状況を住民等へ周知。
- 降灰対策として、道路管理者は、あらかじめロードスノーパー等の道路除灰作業に活用可能な資機材の所有状況の把握と、富士山噴火に伴う道路除灰作業計画の策定に努める。

²⁰⁾ 地域防災計画 火山編,東京都防災ホームページ

²¹⁾ 山梨県地域防災計画（本編）第4編 火山編

第3章 降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査

3.1 降灰シミュレーションを踏まえた電力設備への影響調査にあたっての注意事項

本検討にあたっては、過去に発生した数少ない火山の噴火事例や停電発生事例等の各種データや、それに基づいた閾値等の仮定も加味したうえで、定量的な評価を行っている。過去の噴火事例は、地震などのように毎年のように発生しているわけではないため、噴火による被害や対応の知見、実績を調べることは極めて困難であり、加えて今回検討する富士山噴火においては江戸時代の約 300 年前のことであり、近代の大都市への噴火による降灰の影響を及ぼした事例はない。

本検討では、上記のように過去に観測され、実績として残っている数少ないデータに基づき、令和 2 年 4 月の内閣府公表の「大規模噴火時の広域降灰対策について」において提案された富士山噴火による降灰予測データから、大都市における降灰による停電の影響について、一定の条件を設定したうえで検討したものであるため、特に数字の取扱いについては、十分に留意する必要がある。

3.2 令和2年度に実施された富士山噴火による降灰シミュレーション結果

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ（令和2年度）における富士山噴火時の降灰シミュレーションでは、富士山の最近の山頂噴火及び山腹噴火の活動時期以降で火砕物が主である噴火の中で最大の噴火であり、噴火・降灰の実績が研究により最もよく判明している噴火である宝永噴火の実績に基づいて、噴火の総噴出量、噴出率、継続時間が設定された。

降灰分布が大きく依存する風向風速については、過去10年の館野の高層観測データ（気象庁）から、以下のケースが設定された。

- ◆ 宝永噴火の実績に類似する西風卓越ケース
- ◆ 影響下の人口・資産が大きくなる西南西風卓越ケース
- ◆ 風向の変化が比較的大きい南よりの風のケース

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ（令和2年度）における富士山噴火時の降灰シミュレーションの条件を表3.1に示す。

表 3.1 富士山噴火シミュレーションの各ケースの条件²²⁾

	ケース1	ケース2	ケース3
規模・噴出率	宝永噴火の規模・噴出率		
継続時間	15日間		
風向	西風卓越 (2018年12月16～30日)	西南西風卓越 (2010年10月14～28日)	変化が大きい南よりの風 (2012年9月2～16日)
降灰分布	神奈川県と千葉県に降灰分布の中心	神奈川県と東京都に降灰分布の中心	山梨県、静岡県、神奈川県に降灰分布の中心
ケースの特徴	宝永噴火の実績と類似。	10cm以上の降灰範囲の人口・資産が比較的大きい。	比較的風向の変化が大きい。

・ここで計算した降灰分布は、対策を検討するためのケースであり、将来の富士山噴火時の降灰分布の予測ではないことに留意。

富士山噴火シミュレーションは、以下のモデル・設定を用いて実施された。

- ◆ モデル：改良版 Tephra 2
- ◆ 噴出量・噴出率：Miyaji et al. (2011) の文献値を用いて設定。各噴火ユニット（A～Q）毎に計算を実施。

²²⁾ 大規模噴火時の広域降灰対策について一首都圏における降灰の影響と対策 ― 富士山噴火をモデルケースに ―（報告）別添資料1（令和2年4月7日公表）

表 3.2 に、富士山噴火シミュレーションで用いられている宝永噴火の各ユニット毎の噴出量、噴出率等を示す。

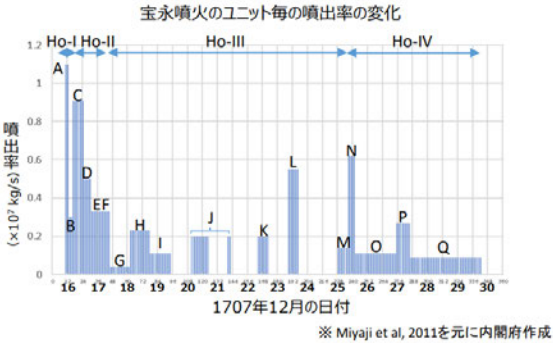
図 3.1～図 3.6 に、富士山噴火シミュレーションの結果を示す。

表 3.2 宝永噴火各ユニット毎の噴出量・噴出率等²²⁾

宝永噴火各ユニット毎の噴出量・噴出率等 (Miyaji et al., 2011に内閣府加筆)

Group	Unit	Mass ($\times 10^{10}$ kg)	Duration (h)	Flux ($\times 10^9$ kg/s)	Hb (km)	Ht (km)
I	A	5.7 ± 0.3	1.5	$1.1^{+1.2}_{-0.5}$	17^{+3}_{-2}	23^{+5}_{-3}
	B	$4.4^{+0.3}_{-0.4}$	4.0	$0.30^{+0.14}_{-0.12}$	14^{+4}_{-3}	18^{+4}_{-3}
II	C	26^{+9}_{-7}	8.0	$0.91^{+0.92}_{-0.72}$	17^{+3}_{-2}	22^{+4}_{-3}
	D	$8.9^{+0.4}_{-0.2}$	5.0	$0.50^{+0.34}_{-0.20}$	15^{+3}_{-2}	19^{+3}_{-2}
	E	13 ± 1	15.5	$0.33^{+0.35}_{-0.15}$	14^{+3}_{-2}	18^{+4}_{-3}
III	F	$5.5^{+0.1}_{-0.1}$	15.5	$0.04^{+0.04}_{-0.02}$	10^{+3}_{-2}	12^{+4}_{-3}
	G	$2.1^{+0.1}_{-0.2}$	17.5	$0.23^{+0.29}_{-0.09}$	13^{+3}_{-2}	17^{+4}_{-3}
	H	14 ± 1	17.5	$0.11^{+0.14}_{-0.05}$	12^{+4}_{-3}	15^{+4}_{-3}
	I	$6.6^{+0.8}_{-1.2}$	16	$0.20^{+0.22}_{-0.08}$	13^{+4}_{-3}	16^{+4}_{-3}
	J	12^{+1}_{-1}	16.5	$0.20^{+0.24}_{-0.06}$	13^{+4}_{-3}	16^{+4}_{-3}
	K	$6.2^{+0.2}_{-0.2}$	8.5	$0.55^{+0.89}_{-0.08}$	15^{+4}_{-3}	20^{+5}_{-4}
	L	18 ± 2	9.0	$0.14^{+0.17}_{-0.06}$	12^{+4}_{-3}	15^{+4}_{-3}
	M	$4.1^{+0.4}_{-0.5}$	8.0	$0.62^{+0.77}_{-0.28}$	16^{+4}_{-3}	20^{+5}_{-4}
IV	N	10^{+1}_{-1}	4.5	$0.11^{+0.12}_{-0.02}$	11^{+3}_{-2}	15^{+4}_{-3}
	O	13^{+1}_{-1}	33.5	$0.27^{+0.33}_{-0.12}$	13^{+4}_{-3}	17^{+5}_{-4}
	P	11^{+1}_{-1}	11.5	$0.09^{+0.11}_{-0.04}$	11^{+3}_{-2}	14^{+4}_{-3}
	Q	18^{+2}_{-2}	57			

噴出量 噴出率



数値：mm

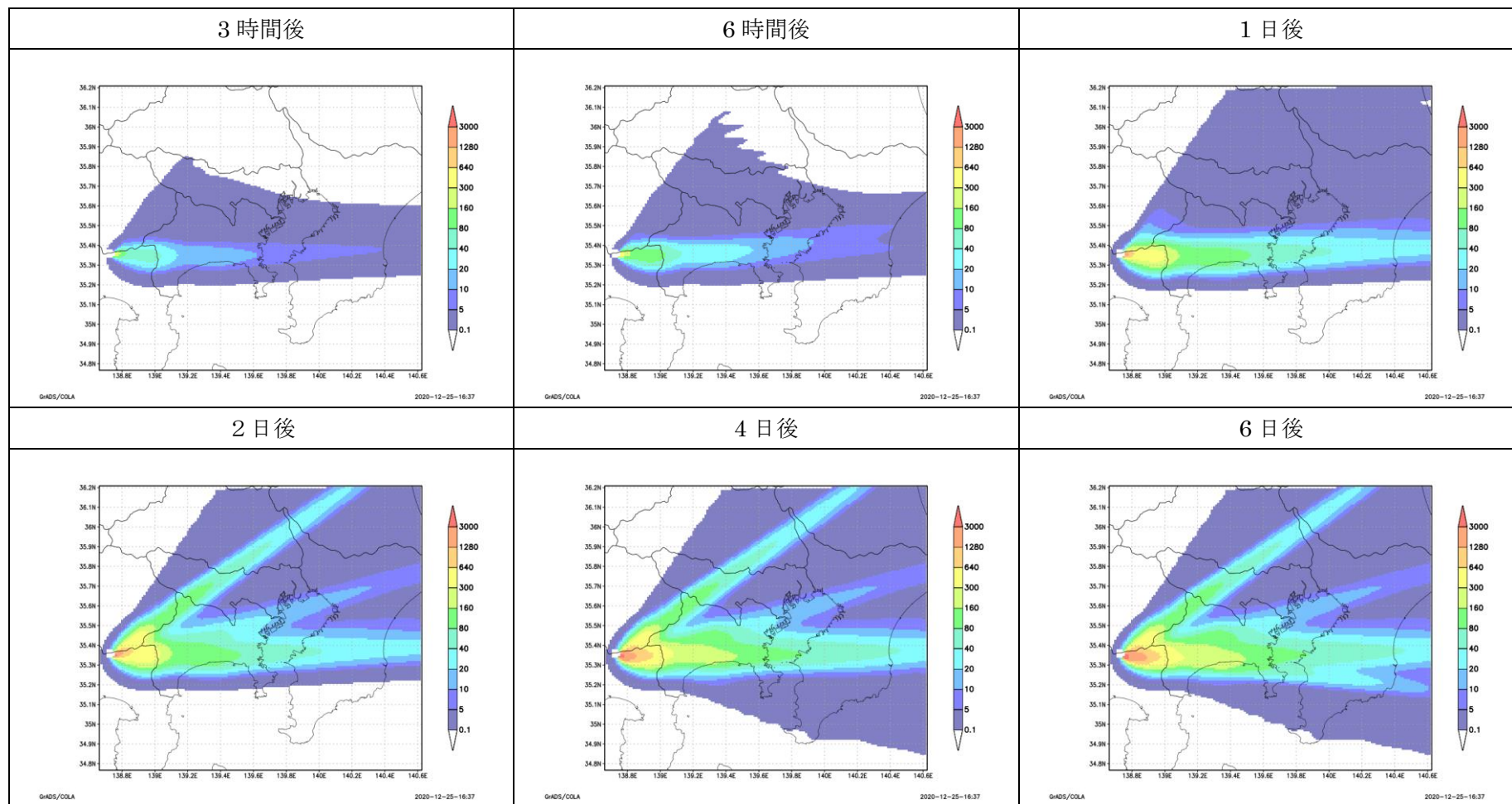


図 3.1 降灰シミュレーション結果（ケース 1：西風卓越） 1/2

数値：mm

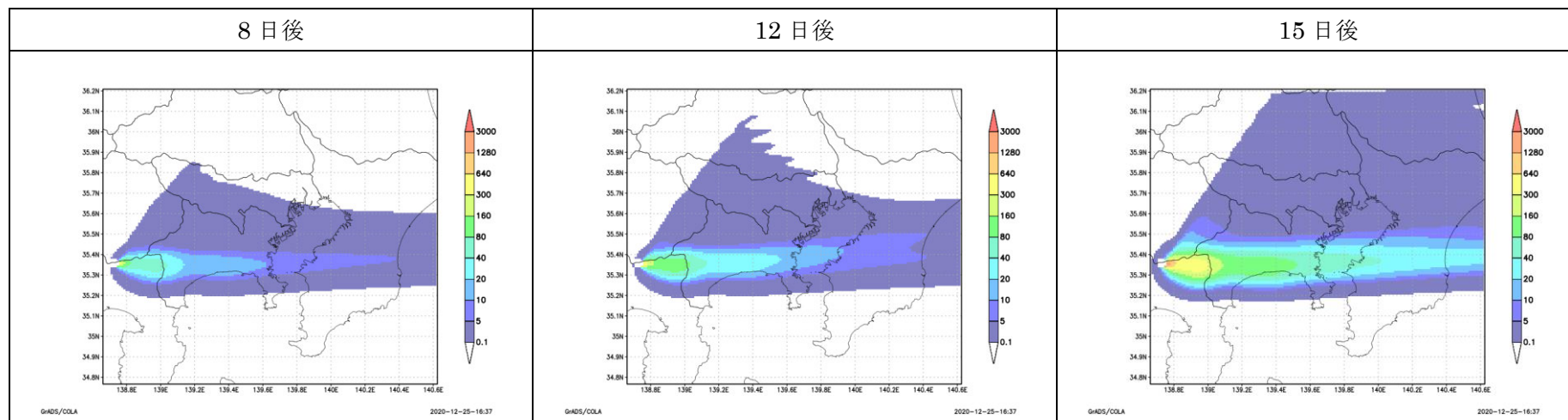


図 3.2 降灰シミュレーション結果（ケース 1：西風卓越） 2/2

数値：mm

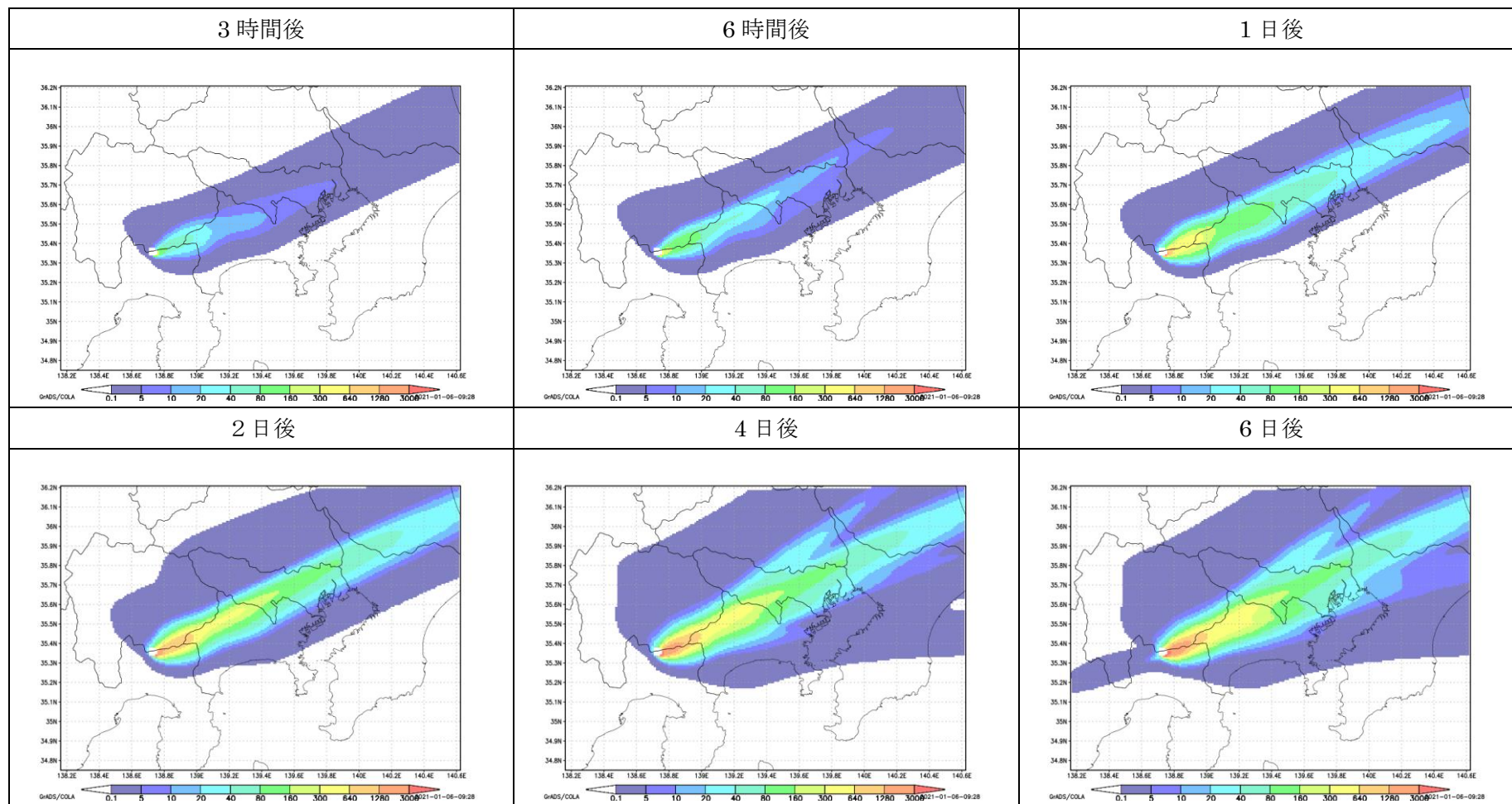


図 3.3 降灰シミュレーション結果（ケース 2：西南西風卓越）1/2

数値：mm

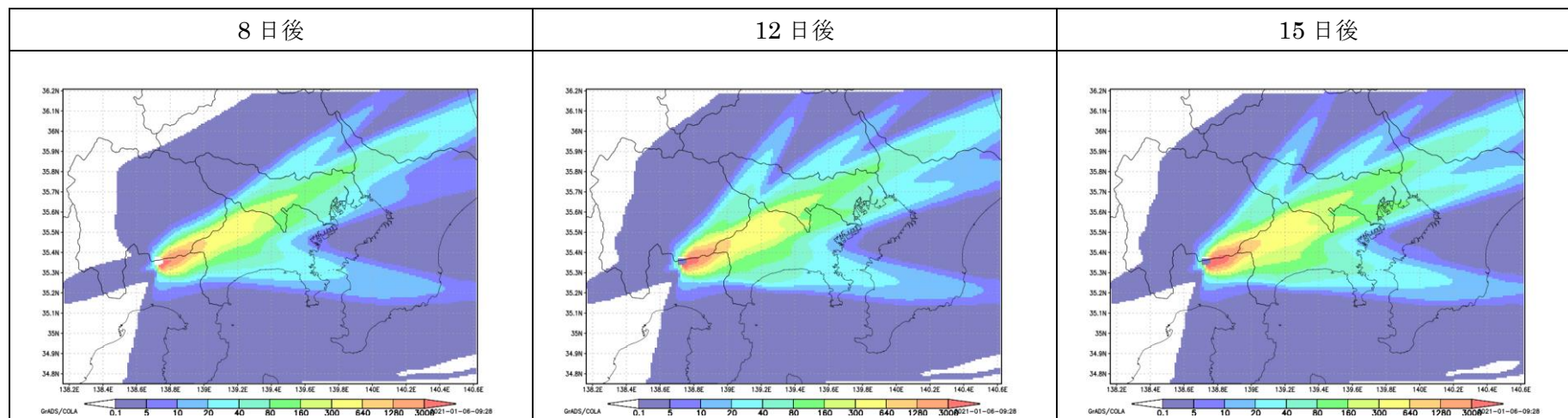


図 3.4 降灰シミュレーション結果（ケース 2：西南西風卓越） 2/2

数値：mm

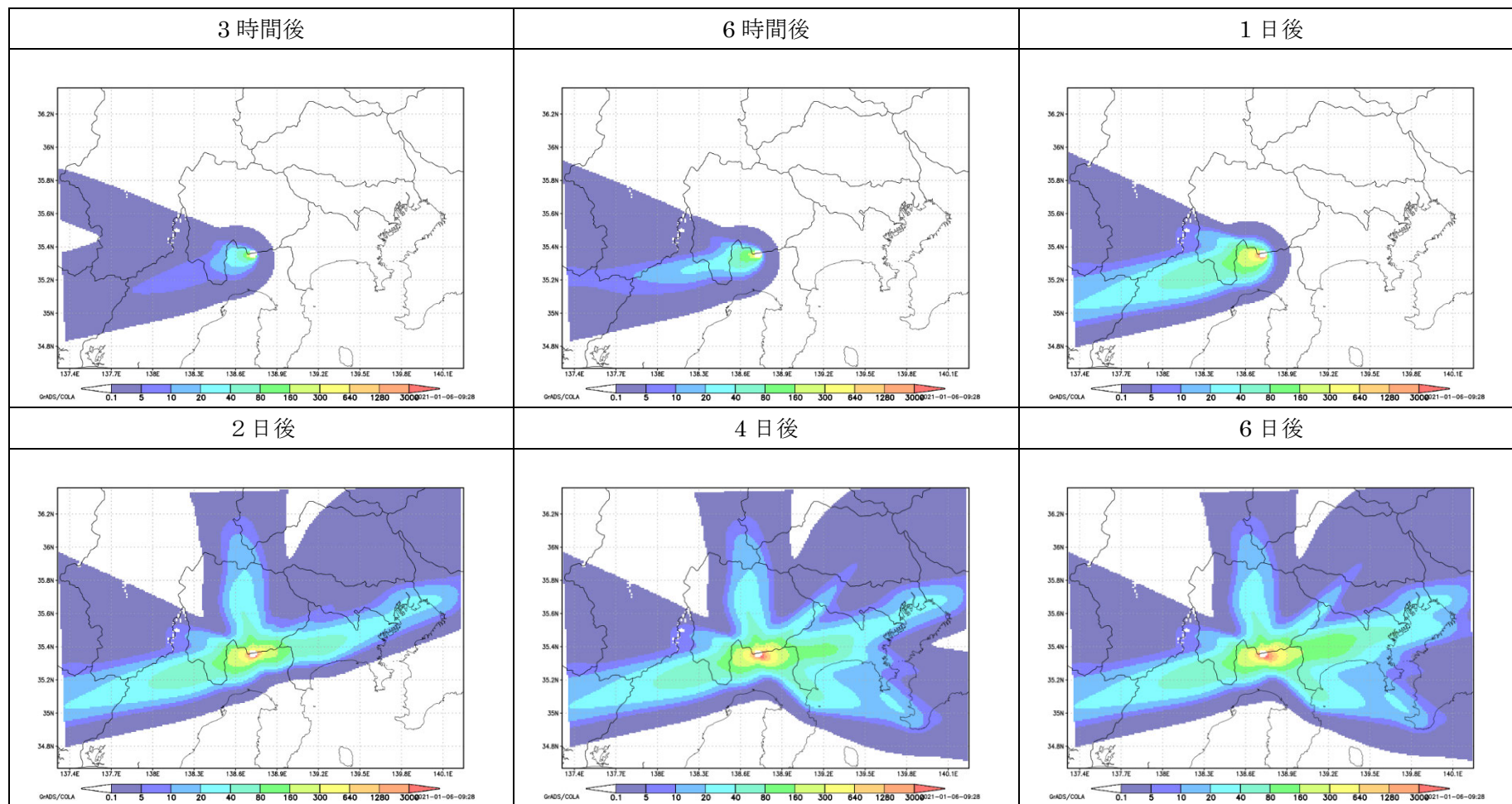


図 3.5 降灰シミュレーション結果（ケース 3：変化が大きい南よりの風） 1/2

数値：mm

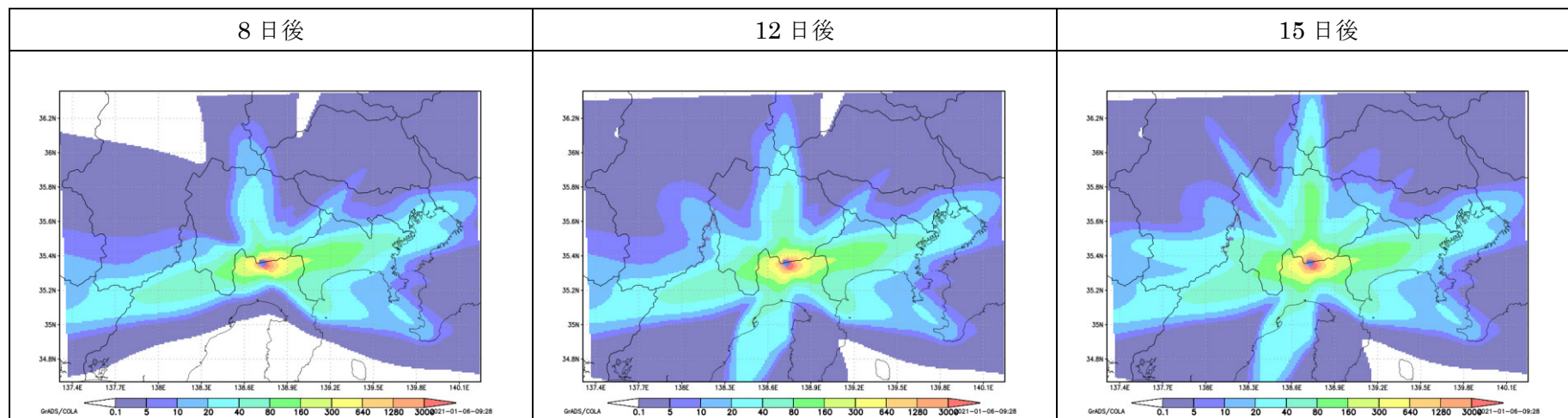


図 3.6 降灰シミュレーション結果（ケース 3：変化が大きい南よりの風） 2/2

3.3 停電影響リスクモデルの検討

ここでは、過去に発生した火山の噴火により発生した停電事象をもとに、停電影響のリスクモデルについて検討を行う。

停電リスクモデルの検討にあたっては、以下のフローに従い、降灰量と停電が発生する確率の検討及び停電が発生した周辺地域の中で、停電が発生する割合の停電影響確率について検討を行い、モデル化を実施する。

以下に検討フロー図を示す。

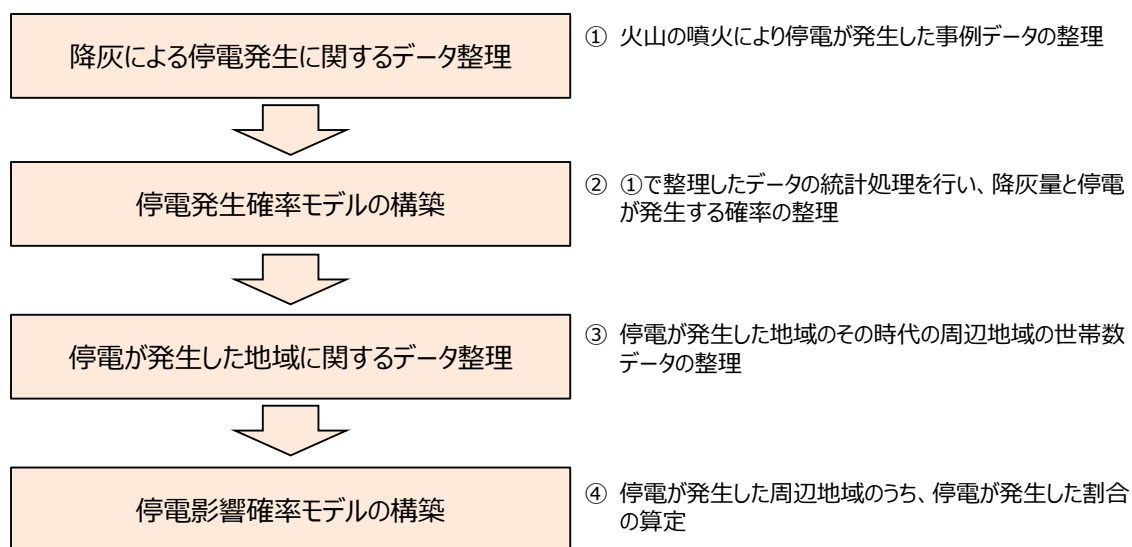


図 3.7 停電影響リスクモデルの検討フロー

(1) 火山の噴火により停電が発生した事例データの整理

(a) 昭和 50 年代の桜島で発生した停電事例の整理

桜島周辺においては、昭和 53 年～昭和 60 年にかけて 7 回程度停電事例（いずれも降雨時、昭和 60 年 8 月 11 日の停電は、3 か所で分散されていることから、3 回とカウントした）が存在する。ここでは、このデータを活用して、停電影響リスクの検討を行う。ただし、これらの停電事例は、新聞情報を元としているため、数分の切り替え作業で再送電可能だった停電の事例は含まれていない可能性があることに留意する必要がある。

また、鹿児島県では、昭和 53 年 5 月から県内で 58 か所（一部昭和 54 年より）の降灰量のデータ（各月の合算値、定点観測値）を公表しており、昭和 53 年から昭和 60 年にかけて、約 4,700 個（降灰がゼロの条件を除く）の降灰データが存在する。

4,700 個の降灰データに対して停電が 7 回発生しており、このデータを活用して停電影響リスクのモデルを構築することが可能であると考えられる。

なお、九州電力は、昭和 61 年以降に鹿児島県内の電力設備に対して、以下の対策を実施しており、昭和 61 年以降は、桜島の噴火による停電は発生していない。

- ◆ 変電設備では、屋内化、屋根の設置及び GIS 化等の対策を実施
- ◆ 配電線に対しては、絶縁の強化（碍子の追加等）を実施

以上から、桜島のデータとしては、降灰量のデータが存在する昭和 53 年 5 月から昭和 60 年までのデータを活用する。

表 3.3 に桜島の噴火により発生した停電事例を示す。

表 3.3 桜島の噴火により発生した停電事例（表 2.5 と同様）¹⁴⁾

停電発生日	発生場所	影響件数	停電要因	継続時間	降雨の有無	降灰量g/m ²
昭和53年7月29日～31日	鹿児島市吉野町	2,500戸	配電線の絶縁低下	3日程度	あり	16,156
昭和54年11月22日	鹿児島市古里町	2,100戸	配電線の絶縁低下	1時間後	あり	1,677.6（赤水町）
昭和55年5月8日	鹿児島市吉野町	3,700戸	配電線の絶縁低下	1時40分後	あり※1	1,528.3
昭和59年6月3日	鹿児島市星ヶ峯	3,600戸	配電線の絶縁低下	約40分	あり	992.6（広木町）
昭和60年8月11日	鹿児島市吉野町	6,500戸	配電線の絶縁低下	約1時間半	あり	16,977.7
	鹿児島市坂元町	6,500戸	配電線の絶縁低下	約1時間半後より復旧開始	あり	2,388.6
	鹿児島市吉田町				あり	4,645.6

(b) 桜島以外の噴火データの整理

桜島のデータに加え、平成以降の桜島以外で発生した噴火のデータ（停電がある場合／ない場合とも）を加え、停電影響リスクモデルの構築を行う。

なお、平成 3 年～7 年に発生した雲仙普賢岳の噴火については、停電の発生原因が降灰ではなく、火砕流・土石流であることから、ここでは除外した。

降灰量のデータは、明らかに電気設備が存在する場所のデータを選定した。

平成 28 年 10 月の阿蘇山の噴火事例は、通常 2 回線で運用されている変電所を起点とした停電事例であるが、地震の震災の影響で 1 回線での運用時に生じた事例である。また、この停電事例は、噴火直後に 1 回目の停電が発生し 1 時間 45 分で復旧したが、その後、降雨時に発生した 2 回目の停電については、原因は不明であることであった。そのため、本件については、停電の発生回数は 1 回とカウントし、停電発生確率のデータに適用した。

表 3.4 に平成以降に発生した主な火山の噴火事例と停電の有無に関するデータを示す。

表 3.4 桜島以外での噴火発生事例と停電の有無²³⁾

噴火発生日	対象火山	停電発生場所	停電要因	影響件数	継続時間	降雨の有無	降灰量g/m ²
平成2年4月20日	阿蘇山	熊本県阿蘇市、一の宮町	配電線の絶縁低下	3,700戸	完全復旧まで約半日	あり	3,728
平成23年1月～3月	霧島山（新燃岳）	なし	—	—	—	あり	8,848（都城市）
平成26年	御嶽山	なし	—	—	—	あり	932（御岳RW駅）
平成28年1月	草津白根山	なし	—	—	—	なし	11,211（草津国際スキー場）
平成28年10月8日	阿蘇山	熊本県阿蘇市、南阿蘇村、高森町	変電所内設備の絶縁低下	29,000戸 27,000戸	1時間45分 5時間30分	なし あり	3,800
平成30年	霧島山（新燃岳）	なし	—	—	—	なし	500（宮崎自動車道）

(2) 停電発生確率の検討

(a) 停電発生確率の検討について

停電発生確率は、2つの考え方にに基づき検討を行った。1つは、降灰量に対する停電の超過発生確率（ある降灰量以上の降灰発生回数に対する停電発生確率）から、降灰量毎の停電発生確率を算定した場合（モデル1）である。また、もう1つは、降灰量の発生回数と停電の発生回数から直接確率を求める方法（モデル2）である。

(b) 降灰量に対する停電の超過発生確率からの停電発生確率算定モデル（モデル1）

モデル1では、降灰量の超過発生回数（ある量以上の降灰の発生回数）と停電の超過発生回数（ある量以上の降灰発生時の停電の発生回数）から降灰量に対する停電の超過発生確率を下式から算定した。

$$(\text{停電の超過発生確率}) = (\text{停電の超過発生回数}) / (\text{降灰量の超過発生回数})$$

降灰による停電は、基本的に降雨時に発生していることから（阿蘇山の2016年の噴火の1例以外）、上式の（降灰量の超過発生回数）は、降雨時のデータを算定して適用することとする。

降灰量の超過発生回数の基本となる昭和53年5月～昭和60年の桜島周辺の月別の降灰量データは、噴火発生時のものではなく月ごとのデータであることから、噴火時の降雨の有無を特定することは困難である。このため、降雨時という条件下での降灰量の発生回数は、全降灰データ数に降雨率を乗じて算定した。

降雨率は、データ期間中の降雨があった日数を全データ期間の日数で除した値とした。なお、過去に大雨の際に停電が発生した事例は存在しないこと、及び一般論として大雨の日は、碍子の雨洗効果により停電は発生しないと想定されることから、台風等の大雨の日は降雨の日数には含めないこととした。降雨率は、以下の通りである。

²³⁾ 各種データを参考にみずほ情報総研が作成

$$\text{降雨率} = (\text{降雨の日数}) / (\text{全日数}) = 1,069 / 2,438 = 0.438$$

表 3.5 に、降灰量毎の降灰超過発生回数と停電発生超過回数、停電の超過発生確率の一覧を示す。また、図 3.8～図 3.10 に降灰量とデータの超過個数、停電発生超過回数及び停電発生確率を示す。

ここで、データの整理にあたっては、降灰量を 1,000g/m² の幅で区分し、各データ項目を整理した（表 3.5 参照）。

- ◆ 降灰の超過発生回数は、降灰量が各区分値以上の降灰データの個数として整理した。（図 3.8 参照）
- ◆ 停電発生超過確率は、前述の式から算定し、各算定値を直線で結んでグラフ化を行い、降灰量と停電発生超過確率の相関性を線形近似及び指数関数近似の 2 通りの近似方法により評価した。（図 3.9 参照）
- ◆ 上記の線形近似と指数関数近似の結果を比較したところ、線形近似の方が元のグラフに対してよりフィッティングしているとの結果を得た。
- ◆ この線形近似による直線は、降灰量に対する停電の超過発生確率であり、直線の微分値（傾き）が、降灰量毎の停電発生確率となる。（図 3.10）

以上のことから、図 3.10 に示すように、停電発生確率は、0.89%（約 1%）で降灰量によらず一定となる。

表 3.5 火山の噴火による降灰量のデータ個数と停電発生超過数の相関

降灰量 (g/m ²)	データ個数 超過数	停電発生 超過数	超過発生確率	降灰量 (g/m ²)	データ個数 超過数	停電発生 超過数	超過発生確率
0	2,067	9	0.0044	20,000	8	0	0.0000
1,000	339	8	0.0236	21,000	7	0	0.0000
2,000	207	6	0.0290	22,000	7	0	0.0000
3,000	133	5	0.0376	23,000	7	0	0.0000
4,000	91	3	0.0330	24,000	5	0	0.0000
5,000	71	2	0.0282	25,000	4	0	0.0000
6,000	55	2	0.0364	26,000	4	0	0.0000
7,000	46	2	0.0435	27,000	3	0	0.0000
8,000	39	2	0.0513	28,000	3	0	0.0000
9,000	32	2	0.0625	29,000	3	0	0.0000
10,000	25	2	0.0800	30,000	2	0	0.0000
11,000	23	2	0.0870	31,000	2	0	0.0000
12,000	20	2	0.1000	32,000	2	0	0.0000
13,000	18	2	0.1111	33,000	2	0	0.0000
14,000	16	2	0.1250	34,000	2	0	0.0000
15,000	14	2	0.1429	35,000	1	0	0.0000
16,000	14	2	0.1429	36,000	0	0	0.0000
17,000	11	0	0.0000				
18,000	10	0	0.0000				
19,000	9	0	0.0000				

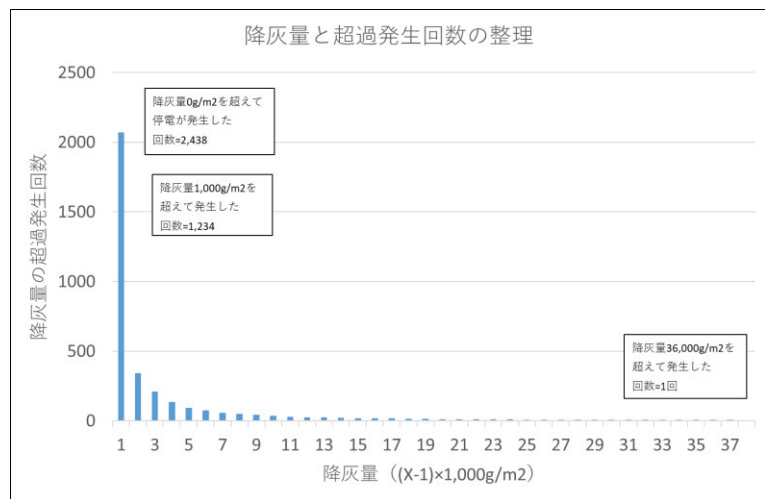


図 3.8 降灰量毎の超過発生回数（データ個数）

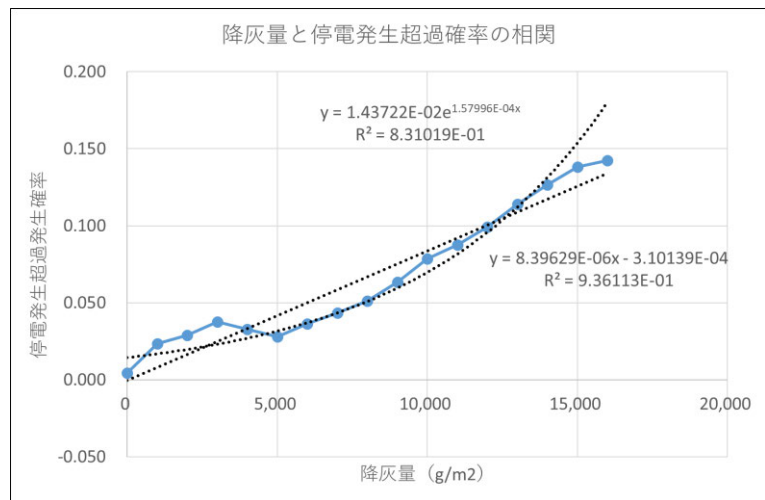


図 3.9 降灰量と停電発生超過確率の相関

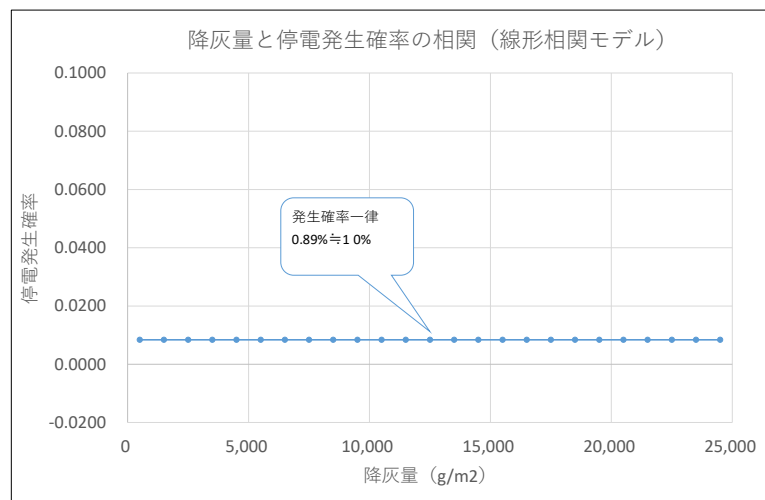


図 3.10 降灰量と停電発生確率の相関

(c) 電力中央研究所における研究成果

電力中央研究所の研究においては、降灰量と降灰が碍子に付着する量の関係は、実験結果として、対数関数的な傾向が示され、かつ降灰量 $25,000\text{g/m}^2$ を超える場合には、付着量の上限に変化がないという研究成果が得られている。

また、降灰量とフラッシュオーバー電圧の相関も、降灰量 $12,500\text{g/m}^2$ 程度を下限に変化がないという研究成果が得られている。

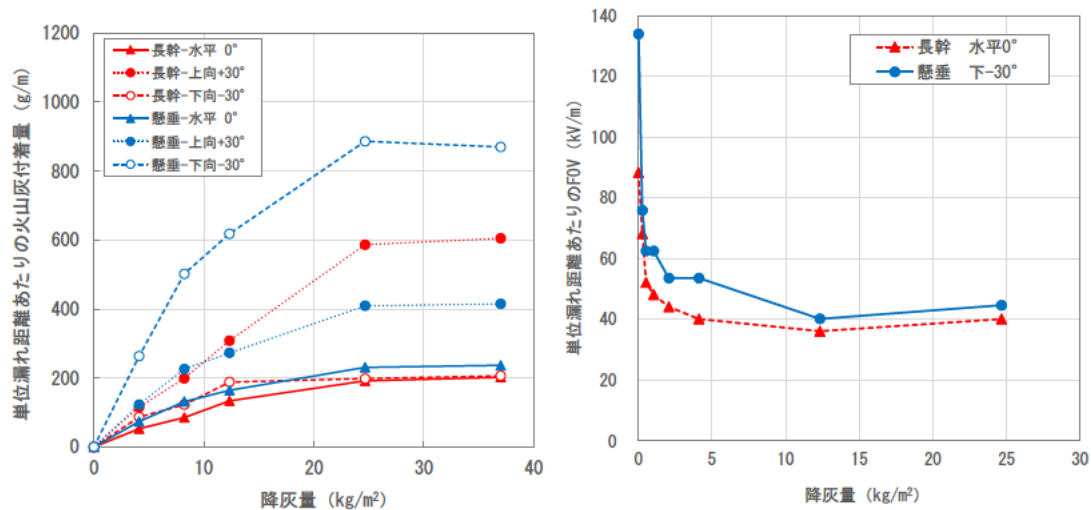


図 3.11 降灰量と碍子への付着量及びフラッシュオーバー電圧の相関²⁴⁾

上記の傾向から、降灰量と降灰が碍子に付着する量の関係には、対数的な相関があり、またフラッシュオーバー電圧も、一定の降灰量を超えた場合には停電の発生の可能性が一定となることが分かった。

そのため、本検討においては、(2)で検討を行った線形的な相関とは別に、降灰量データ個数と停電の発生回数から直接確率を求める方法（降灰量が少ない場合はデータの個数が多く停電の回数も少ないが、降灰量が多い場合はデータの個数が少なく停電の発生回数も比較的多くなるため、対数的な相関が得られる可能性がある）についても検討を行った。

²⁴⁾ 一般財団法人電力中央研究所提供データ

(d) 降灰量データ個数と停電の発生回数から直接確率を求める方法による検討（モデル2）

モデル2では、降灰量データ個数と停電の発生回数から直接確率を求める方法を用いて降灰量毎の停電発生確率を算定した。

具体的には、表 3.6 に示すように、降灰量の区分を設定して、各区分の降灰発生回数と停電発生回数から停電発生率を算定した。

次に、算定した停電発生確率を各区分の中点の降灰量に対する停電発生確率と仮定し、図 3.12 に示すようにグラフ化し、対数関数近似によって近似曲線を算定し、近似曲線の値を各降灰量の停電発生確率とした。

上記の手順による降灰量 25,000g/m²における停電発生確率は、8.5%程度であり、この値を停電確率の上限値と仮定する。

表 3.6 降灰量と停電発生回数の相関等

<降灰量と停電発生回数、停電発生確率>

降灰量 (g/m ²)	データ個数	停電 発生数	X軸	停電発生 確率
0 - 1,000	1728	1	993	0.0006
1,000 - 2,000	132	2	1,603	0.0152
2,000 - 3,000	74	1	2,389	0.0135
3,000 - 10,000	108	3	4,058	0.0278
10,000 - 36,000	25	2	16,567	0.0800

<相関の算定に用いた降灰量>

	降灰量	相関の算定に 用いた値
S59桜島	993	993
S55桜島	1,528	1,603
S54桜島	1,678	
S60桜島	2,389	2,389
H1阿蘇山	3,728	4,058
H28阿蘇山	3,800	
S60桜島	4,646	
S53桜島	16,156	16,567
S60桜島	16,978	

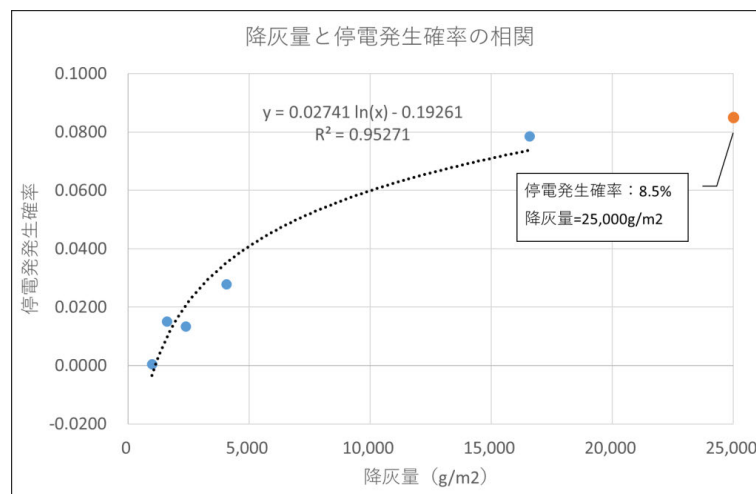


図 3.12 降灰量と停電発生確率の相関（対数相関）

(e) 降灰による停電発生確率モデル

(b)～(d)の検討結果から、降灰による停電発生確率モデルとしては、図 3.13 に示す線形モデル（一律 1%モデル）及び図 3.14 に示す対数モデル（上限 8.5%）の 2 モデルを用いて検討を行うこととする。

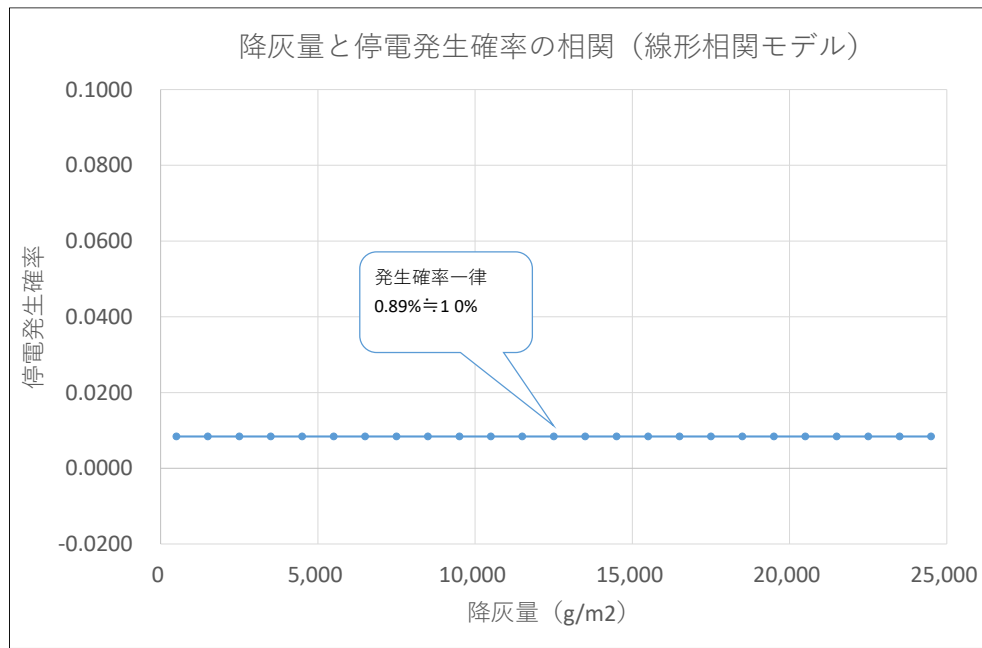


図 3.13 停電発生確率モデル（モデル 1：線形モデル：一律 1%）

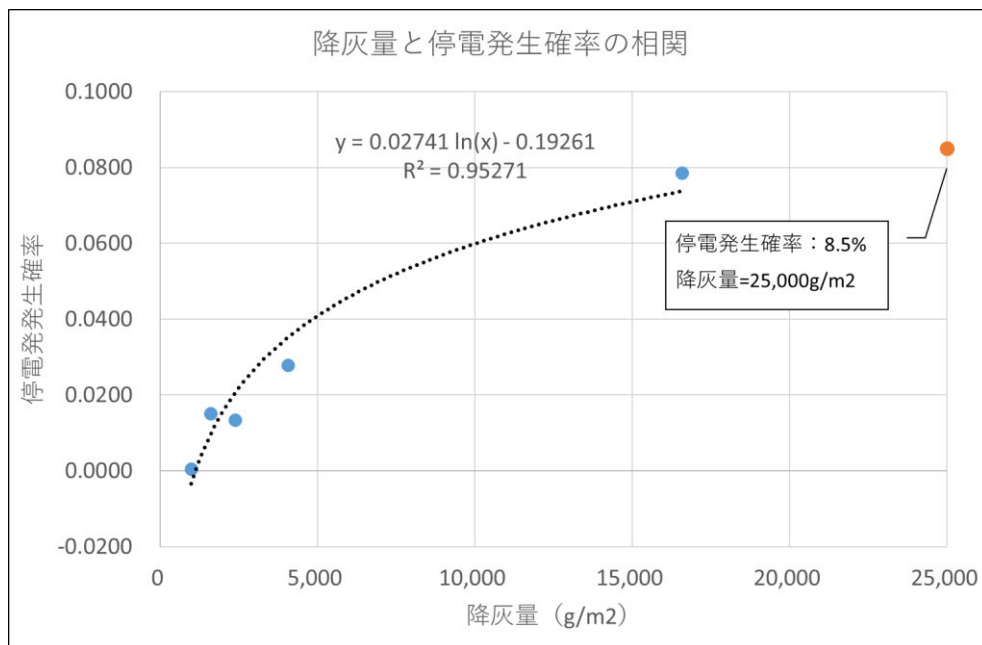


図 3.14 停電発生確率モデル（モデル 2：対数モデル；上限 8.5%）

(3) 停電影響範囲のデータ整理

(1)及び(2)の停電発生確率は、「火山噴火の降灰によって停電が発生」する確率であり、停電による影響（ここでは、停電が発生する戸数とする）とは無関係なパラメータである。そのため、ここでは「停電が発生した場合に、周辺地域のどの程度停電の影響」があるかについて検討を行う。

本来であれば、停電を引起した噴火による降灰の影響範囲（停電が発生した地域）が上記の「周辺地域」に該当するが、昭和 50 年代の桜島の噴火事例については、降灰の影響範囲のデータがないことから、新聞情報による発生場所（町名）から、当時の世帯数を調査し、停電の影響について検討を実施する。

配電線の絶縁低下により停電が発生した 8 事例（桜島の噴火 7 事例及び阿蘇山の噴火 1 事例）の平均としては、停電発生場所の世帯数の 46%程度の戸数に停電が発生していることが分かった（表 3.7 参照）。

表 3.7 停電発生事例と影響戸数及び当時の周辺地域の世帯数の相関²⁵⁾

停電発生日	発生場所	影響件数	停電要因	周辺地域の世帯数	停電影響確率	世帯数の元データ
昭和53年7月29日～31日	鹿児島市吉野町	2,500戸	配電線の絶縁低下	6,170戸	0.41	鹿児島市提供
昭和54年11月22日	鹿児島市古里町	2,100戸	配電線の絶縁低下	144戸（6,088戸）	0.34	※1
昭和55年5月8日	鹿児島市吉野町	3,700戸	配電線の絶縁低下	8,311戸	0.45	鹿児島市提供
昭和59年6月3日	鹿児島市星ヶ峰	3,600戸	配電線の絶縁低下	8,973戸	0.40	鹿児島市提供
昭和60年8月11日	鹿児島市吉野町	6,500戸	配電線の絶縁低下	9,145戸	0.71	鹿児島市提供
	鹿児島市坂元町	6,500戸	配電線の絶縁低下	10,732戸 （2町の合計）	0.61	鹿児島市提供
	鹿児島市吉田町					
平成2年	熊本県阿蘇市、一の宮町	3,700戸	配電線の絶縁低下	12,611戸	0.29	H2国勢調査
上記データの平均					0.46	
平成28年10月	熊本県阿蘇市、南阿蘇村、高森町	29,000戸 ※2	変電所内設備の絶縁低下	17,217戸※2	1.68	H27国勢調査

- ※ 1：古里町の世帯数は 144 戸と狭い範囲であるが、影響件数から影響範囲は当時の桜島町と仮定した。
- ※ 2：影響件数が周辺 3 市町村の合計より多いことについては、さらなる周辺地域への影響がある、もしくは商店等を含む契約件数の可能性があると考え、本事例は停電影響確率の算出には用いないこととした（影響件数の値は、新聞に記載の値）。

²⁵⁾ 停電データについては、南日本新聞及び熊本日日新聞のデータを参考、また周辺地域の世帯数については鹿児島市提供資料等のデータを参考にみずほ情報総研が作成

(4) 停電影響確率の検討

(3)に示すデータにおいては、降灰による停電が発生した際に、周辺地域において停電が発生する確率は 46%程度であることが分かった。一方で、評価における主要なデータである桜島の噴火データは、昭和 50 年代のデータであり、配電設備としては、配電自動化システムが導入される以前であるものと想定される。そのため、現状に比べ停電の影響が大きい可能性があり、現在では停電の影響はより小さい可能性が高いものと推察される。

しかし、降灰による停電発生事例に基づく算定結果であることから、ここでは(3)までの検討結果を基本とすることとし、降灰による配電線等の絶縁低下による停電が発生した場合の周辺地域の停電の影響範囲としては、その地域の 50%と仮定する。

3.4 配電線、送電線、変電所への影響検討

ここでは、3.2 節までに検討した停電影響リスクモデルを基本に、配電線、送電線及び変電所における影響について検討を行う。

以下に検討フロー図を示す。

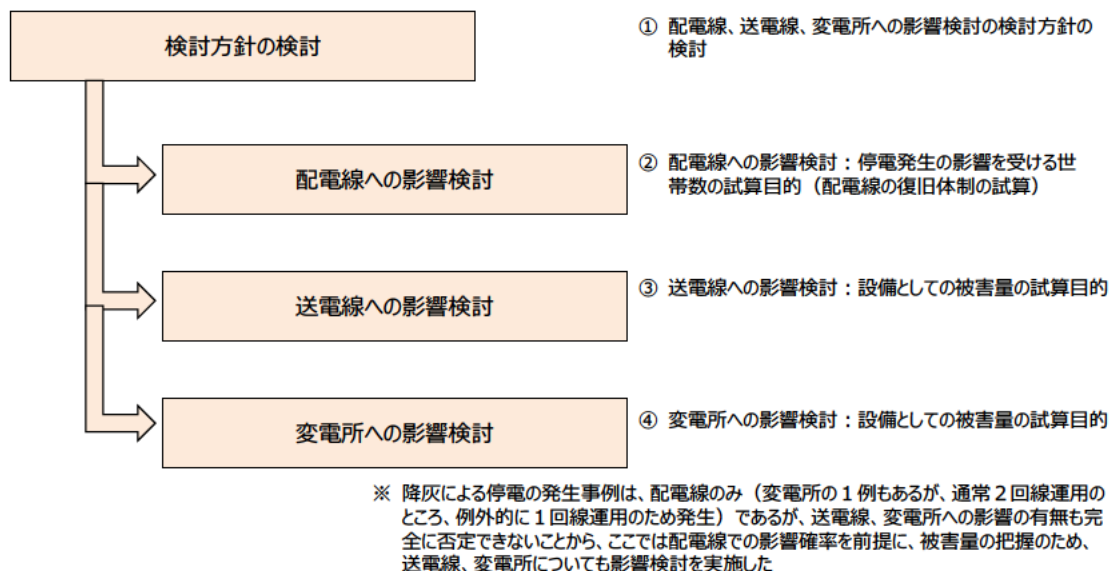


図 3.15 配電線、送電線、変電所への影響検討フロー

3.4.1 検討方針の検討

以下に、検討にあたっての主な前提条件を示す。

- ◆ 停電発生確率は、一律 1%モデル、対数モデルの2モデルを用いる。
- ◆ 停電影響確率は一律 50%と仮定する。
- ◆ なお、停電発生確率、停電影響リスクを整理する上で、以下の仮定を設ける。
 - 降灰量から降灰厚の算定にあたっては、密度が 1g/cm^3 であると仮定した。
 - 停電発生時の降灰量の最小値が 992.6g/m^2 であることから、1mm 未満の降灰量の場合は、停電発生確率をゼロとした。

降灰による配電線への影響については、各メッシュにおける停電発生の可能性のある世帯数を求め、復旧シナリオを想定する。

以下の式により、リスクの見積を行い、評価を行うこととする。

配電線のリスク：

停電が発生する可能性がある世帯数＝停電発生確率×停電影響確率×世帯数

なお、ここでリスクの見積にあたっては、3次メッシュ単位で実施することとする。

3次メッシュ単位における各地域の世帯数を以下の図に示す。

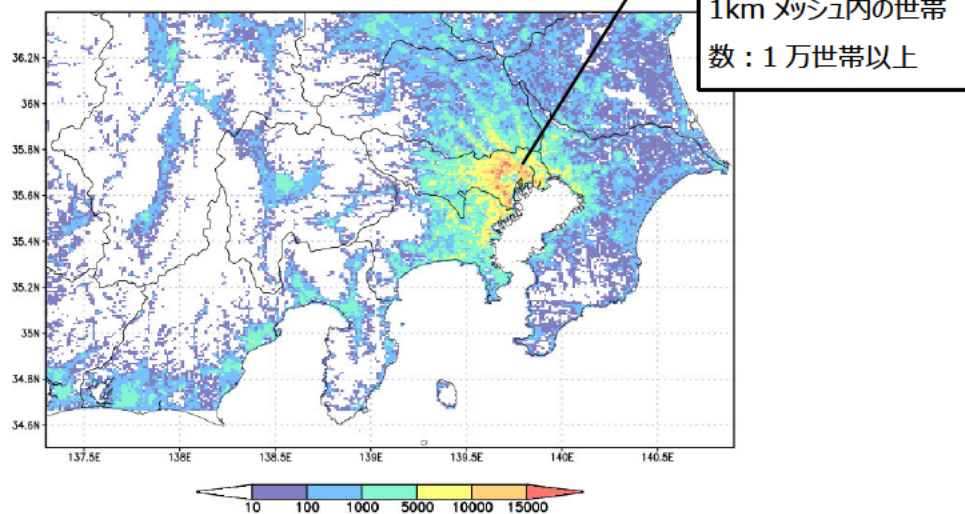


図 3.16 3次メッシュ単位の世帯数データ²⁶⁾

※ ここでメッシュとは、統計データを活用する際に、緯度・経度に応じて網の目のように細分化した区域を示す情報である。本検討では、降灰シミュレーション結果と同様に、約 1km 四方の 3 次メッシュを用いた。

送電線、変電所については、それぞれ各メッシュにおける存在場所のデータをもとに、以下の式により、停電発生の起点となる可能性がある鉄塔数、変電所数を算定し、リスクの見積を行い、評価を行う。

送電線のリスク：停電の起点となる可能性がある鉄塔数＝停電発生確率×鉄塔数

変電所のリスク：停電の起点となる可能性がある変電所数＝停電発生確率×変電所数

上記に示すように、停電発生確率を 3 つの設備のそれぞれに乗じたモデルとなっており、停電発生の影響を過大に評価していることに留意する必要がある。

3.4.2 配電線に対する影響検討

(1) 配電線に対する影響検討方針

配電線への影響については、各メッシュにおける停電発生の可能性のある世帯数について、以下の式をベースに算定を行い、この世帯数が配電線の影響により停電が発生すると仮定して、復旧シナリオを想定する。

停電が発生する可能性のある世帯数＝停電発生確率×停電影響確率×世帯数

²⁶⁾ 総務省統計局のデータ（e-stat）を参考にみずほ情報総研が作成

一方で、配電線については、海岸線沿いを中心に塩害対策を実施している箇所が見られる。

塩害対策を実施している地域については、別途対策率を考慮し、停電が発生する可能性がある世帯数の算定時に考慮する。また、東京 23 区を中心に、配電線の地中化が行われている地域が存在する。これらの地域についても、別途対策係数を考慮し、停電が発生する可能性がある世帯数の算定時考慮する。

塩害対策、地中化対策については、対策率（0 から 1 の値）の大きい方（対策により、停電の可能性が低い方）を用いることとする。

以下の式に、降灰による配電線の絶縁低下により停電が発生する可能性がある世帯数の算定式を示す。

停電が発生する可能性がある世帯数＝

$$\text{停電発生確率} \times \text{停電影響確率} \times (1 - \text{対策率}) \times \text{世帯数}$$

(a) 塩害率のモデル化について

電力設備に塩害が生じた場合には、配電線等の碍子の絶縁低下が生じ、周辺地域に停電が生じることから、各電力事業者では、汚損碍子レベルの設定を行い、汚損レベルが高い地域においては、汚損対策として絶縁抵抗の高い設備を適用している。東京電力、中部電力、それぞれの塩害対策の考え方は、以下の通りである。

塩害の影響を強く受ける範囲として、東京電力は強塩害地区（海岸線から 2km 程度）、中部電力は重塩害地域・塩害地域（両地域を合わせて海岸線から 1km 程度）を設定して、各地域の汚損レベルを設定している。また、東京電力は弱塩害地区（海岸線から 2～5km 程度及びその他過去に塩害が生じた地域）、中部電力は準塩害地域（海岸線から 1～5km）を設定し、強塩害地区、塩害地区とは汚損レベルが異なるものの、それぞれの地域に汚損レベルを想定し、設定している。

図 3.17 に、東京電力の塩害対策マップを次頁に示す。

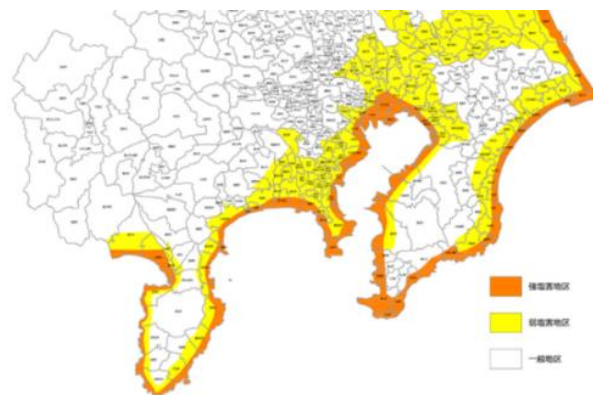


図 3.17 東京電力管内の塩害対策マップ²⁷⁾

²⁷⁾ 東京電力パワーグリッド HP

塩害対策を行った地域における停電の発生の可能性についての情報については、明確なデータが存在しないため、ここではあくまで仮定をおいた検討を行う。

最近の塩害による停電事例としては、2018 年（平成 30 年）の台風 24 号において風速が強い傾向（アメダスでも平均で 15～20m/s、千葉市で最大 41.1m/s）を示し、千葉市内で 1 万戸の停電が生じた事例があった。一方、塩害による停電が発生した地域については、順次塩害対策を実施し、停電が生じないような対応が行われているものとの情報がある（NHK ニュースでの東京電力 PG のコメント）。

今後も順次台風等により塩害による停電が生じた場合には、順次塩害対策が実施されるものと想定し、以下のモデルと仮定する。

- ◆ 東京電力の強塩害地区、中部電力の重塩害地域及び塩害地域については、塩害対策が実施されているものと想定し、停電発生の可能性をゼロと仮定する。
- ◆ 東京電力の弱塩害地区、中部電力の準塩害地域については、明確な根拠はないものの、中間的な値として、対策率を 0.5 と仮定し、ハザードに対して対策係数 0.5 を乗じモデル化することとする。

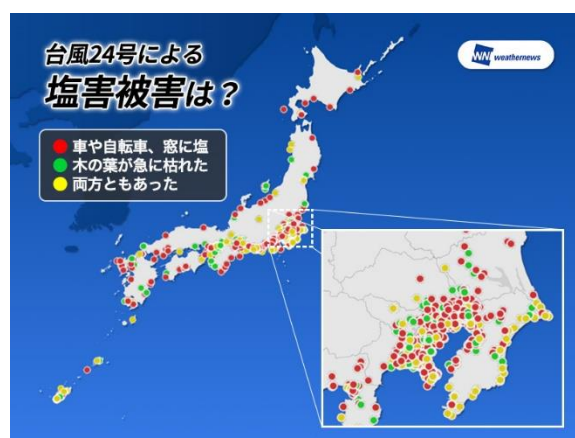


図 3.18 台風 24 号による塩害地域²⁸⁾

(b) 地中化率の考慮

配電線の降灰の影響は、塩害対策のほか、地中化している箇所についても、影響が小さいものと思われる。具体的には、鹿児島県内において昭和 61 年より変電所等の屋内化が行われ、配電線も含め、停電が生じていないという実績がある。

本検討においても、配電線、送電線の地中化が行われている地域については、地中化率に応じて停電の発生確率が低下すると考える。

表 3.8 の表に、配電線/送電線別、東京電力管内/中部電力管内の地中化率を示す。

モデルでは、対策係数を（1-対策率）と想定し、例えば 85%地中化されている都心部では、停電が発生する可能性がある世帯数に 0.15 を乗じてリスクを算定する。

²⁸ ウェザーニュース HP

表 3.8 東京電力管内・中部電力管内の配電線・送電線の地中化率²⁹⁾

地域	配電線		送電線	
	地中化率	対策率	地中化率	対策率
東京電力管内	10.2	10%	30.4%	30%
東京23区	47.2	40%	92.2%	90%
都心部（千代田区、中央区、港区）	88.5	85%		
中部電力	3.8	4%	11.1%	10%

※ 東京 23 区の地中化率は 47.2%であるが、都心部の地中化率 88.5%を含んだ平均であることから、モデル上は、都心部と都心部以外の 23 区の面積率を考慮し、東京 23 区（都心部以外）については、地中化率 40%と仮定した。

²⁹⁾ 東京電力 PG HP（東京電力管内）、中部電力提供データ（中部電力管内）

(2) 配電線に対する影響検討結果

配電線に対する影響リスクの試算結果を表 3.9 及び表 3.10 に示す。

停電発生確率を線形モデル（モデル 1）とした場合は、ケース 3 で東京電力管内で約 5 万世帯、中部電力管内で約 3 千世帯、対数モデル（モデル 2）とした場合は、ケース 2 の東京都内を中心に約 40 万世帯、ケース 3 の中部電力管内で約 2 万世帯と、この影響の範囲で停電発生の可能性が示された。

表 3.9 配電線の絶縁低下による影響リスク（モデル 1：線形モデル：一律 1%）

降灰ケース	停電影響リスク（世帯数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース 1	5,090	7,295	14,951	43,907	43,936	43,945	44,016	44,361	44,393
ケース 2	30,644	33,912	36,394	37,411	45,181	46,025	47,804	49,684	49,755
ケース 3：東京電力管内	475	479	564	38,317	43,609	44,087	49,200	49,425	51,225
ケース 3：中部電力管内	86	134	520	762	762	763	1,060	2,343	3,264

表 3.10 配電線の絶縁低下による影響リスク（モデル 2：対数モデル：上限 8.5%）

降灰ケース	停電影響リスク（世帯数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース 1	22,975	36,770	57,769	221,858	222,975	223,634	227,291	244,299	245,430
ケース 2	100,408	159,388	247,558	256,669	330,112	342,761	363,540	378,314	381,064
ケース 3：東京電力管内	1,780	2,065	3,819	193,963	215,493	221,757	251,825	255,385	259,950
ケース 3：中部電力管内	193	383	1,232	1,531	1,531	1,534	3,659	10,633	15,167

(3) 配電線の復旧可能性

本検討においては、配電線の絶縁低下により停電が発生する可能性がある世帯数としては、以下の結果が得られた。

- ◆ 東京電力管内：5～40 万世帯
- ◆ 中部電力管内：0.3～2 万世帯

過去において配電線の絶縁低下を起点とした停電が生じた際に、影響を受けた戸数の平均は 4,000 戸程度であることを考慮した場合、東京電力、中部電力管内の停電が発生する地域数は、以下が想定される。

- ◆ 東京電力管内：4,000 世帯×100 地域（山梨、神奈川、東京、千葉、埼玉で分散）
- ◆ 中部電力管内：4,000 世帯×5 地域（静岡、愛知、長野で分散）

配電線の復旧作業にあたっての前提条件を以下に示す。

- ◆ 道路が利用可能な状況であることを前提とする（降雨時に停電が生じた場合、30mm 以上の降灰で道路の利用は困難）。
- ◆ 作業員の健康被害を勘案し、降灰が生じない日の作業とする（最大噴火 16 日後以降）。
- ◆ 風向きや長期の天気予報、降灰予報を確認し、作業にあたる（作業実施が困難な日も想定される）。

復旧作業の考え方は以下の通りである。

- ◆ 事故が発生した箇所の系統の復旧を最優先に、作業に着手する。
- ◆ 各地域での回線数を確認した後、ベースの人員配置・班構成を決定する。
- ◆ 各班の人員数、他地域からの応援要請、各地域への移動時間等を考慮することにより、復旧に要する時間を想定することが可能となる。

東京電力管内では、100 か所の地域での停電が想定されるが、降灰による配電線の絶縁低下は、同時に発生する事象ではないことから、降灰開始後、要員を確保し、1 班 5 名程度、数 10 班の体制を構築することにより、各停電発生箇所において作業着手後 1 日程度で復旧対応可能である。

中部電力管内における停電発生地域は、5 か所程度であり、東京電力管内と同様、各停電箇所において作業着手後 1 日程度で復旧対応可能である。

なお、令和元年台風 15 号の際には、約 16,000 人の作業員を導入した実績があること、台風 15 号以降は災害時連携計画を設定しており、他社からの応援も含めた体制を構築することが可能である。

また、阪神大震災や東日本大震災クラスの停電状況でも周波数が乱れによるブラックアウトは発生していないことから、今回の検討結果である 40 万世帯程度の規模の停電においては、ブラックアウトの可能性は、想定されないものと思われる。

3.4.3 送電線に対する影響検討

(1) 送電線に対する影響検討方針

降灰による送電線を起点とした停電の発生については、今回の調査では過去の事例は確認することができなかった。一方で、送電線の碍子に降灰が付着し、絶縁低下が生じた場合には、送電線を起点とした停電の発生の可能性を否定することができないことから、保守的ではあるが、送電線が絶縁破壊した場合について検討を実施する。

送電線の影響検討にあたり、以下の仮定を行った。

- ◆ 送電線については、66kV、154kV、275kV、500kV等の電圧階級によりリスクが異なり、高圧であれば影響が甚大であるが、それぞれに応じた絶縁耐力があるため、検討対象の送電線は154kV以下を対象とする。
- ◆ なお、平成26年の検討⁴⁾においても、170kV以上の送電線では、少なくとも1回線は確保可能であると結論付けている。
- ◆ また、送電線は、冗長化された2回線の運用であり、停電が発生するためには、同時に各送電線内で2か所の絶縁破壊の発生が必要である。
- ◆ 本来であれば、各送電線において相関性のある鉄塔を洗い出し、さらに系統切替による送電線間の冗長性を考慮した上で、停電発生確率のモデル化を行うことが望ましい。
- ◆ しかし、各送電線内の鉄塔間の相関性、他の送電線間の冗長性について考慮することは困難であることから、ここではモデル化において以下の仮定を置くこととする。
 - 配電線・送電線を起点とする停電は、配電線・送電線に故障箇所が1箇所でもあると発生する。一方、前述の配電線に対する影響検討で用いた停電発生確率は、停電発生有無を1単位として停電発生確率を求めたものである。つまり電柱1本毎の故障発生確率ではなく、広範囲の地域（町レベル）での故障発生確率である。通常、配電線1回線には、非常に多くの電柱が設置されており、電柱1本毎の故障発生確率は、今回の検討で用いた停電発生確率より桁違いに小さいものと考えられる。
 - 一方、今回の調査では、送電線が起点となった降灰による停電事例が存在しないため、送電線の停電発生確率を直接的に求めることは困難な状況である。
 - そのため保守的ではあるが、配電線の検討に用いた停電発生確率を、1基の鉄塔の1箇所で発生した故障（1回線分の故障）と仮定する。言い換えると、鉄塔は通常数百m毎に1基施設されているが、鉄塔1基よりはるかに広い町単位の故障発生確率を、鉄塔1基の1回線で発生する故障発生確率と仮定したことになる。
 - 一般的に送電線は冗長性を持っており、停電発生確率としては2回線同時に故障する必要があることから、1基の停電発生確率の2乗で作用するものと仮定し、その総和をもって送電線のリスクと評価する。

以上より、停電の起点となる送電鉄塔の箇所数は、以下の式により算定すると仮定する。

$$\text{停電の起点となる可能性がある鉄塔数} = (\text{停電発生確率} \times (1 - \text{対策率}))^2 \times \text{鉄塔数}$$

対策率としては、塩害対策は配電線と同様、地中化率は表 3.8 に示す通りとした。

以上の検討方針に基づいて、停電の起点となる可能性がある鉄塔数の試算を行った。

(2) 送電線に対する影響検討結果

送電線に対する影響リスクの試算結果を表 3.11 及び表 3.12 に示す。

試算の結果、東京電力管内で 1～35 か所程度、中部電力管内で 2～20 か所程度の鉄塔を起点に停電発生の可能性があることが示された。

3.4.2 に示した配電線を起点する停電世帯のうちの一部は、送電鉄塔を起点とした停電の可能性もあるものと思われる。

表 3.11 送電線を起点とする停電影響リスク（モデル 1：線形モデル：一律 1%）

降灰ケース	送電線影響リスク（鉄塔数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース 1	0.1	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ケース 2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7
ケース 3：東京電力管内	0.1	0.1	0.1	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9
ケース 3：中部電力管内	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.6

表 3.12 送電線を起点とする停電影響リスク（モデル 2：対数モデル：上限 8.5%）

降灰ケース	送電線影響リスク（鉄塔数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース 1	3.9	5.7	8.8	20.7	21.2	21.6	22.7	23.9	24.4
ケース 2	3.3	6.5	13.3	14.6	21.9	23.3	27.7	31.3	32.1
ケース 3：東京電力管内	1.2	1.7	3.3	16.6	20.6	21.3	23.0	24.9	28.9
ケース 3：中部電力管内	0.9	2.2	7.8	8.0	8.0	8.0	11.7	14.5	19.4

(3) 送電線の復旧可能性

送電線で降灰による絶縁低下が生じた場合には、一定時間停電が生じる可能性があるものの、送電の系統切替等を行うことにより、大規模な停電が生じることはないものと想定される（過去に事例がないこと等も考慮）。一方で、現状で最も厳しい想定を行う意味からは、送電線において絶縁低下が生じ、復旧作業を行う必要があることを仮定し、道路交通が使えることを前提に、復旧に要する時間を検討する。

本検討においては、配電線の絶縁低下により停電が発生する可能性がある鉄塔数としては、以下の結果を得た。

- ◆ 東京電力管内：1～35 か所
- ◆ 中部電力管内：1～20 か所

過去の事例において、降灰の影響による送電線の絶縁低下の影響により停電が発生した事例は存在しないため、ここで復旧の可能性については、仮定をおいて検討する。

- ◆ 東京電力管内：35 か所の鉄塔での復旧作業が必要となる。
- ◆ 中部電力管内：20 か所の鉄塔での復旧作業が必要となる。

送電線の復旧作業にあたっての前提条件を以下に示す。

- ◆ 道路が利用可能な状況であることを前提とする（降雨時に停電が生じた場合、30mm以上の降灰で道路の利用は困難）。
- ◆ 作業員の健康被害を勘案し、降灰が生じない日の作業とする（最大噴火 16 日後以降）。
- ◆ 風向きや長期の天気予報、降灰予報を確認し、作業にあたる（作業実施が困難な日も想定される）。

送電鉄塔の降灰除去作業は、1 班 10 名程度の体制で実施する。復旧作業の考え方は以下の通りである。

- ◆ 事故が発生した箇所の系統の復旧を最優先に、作業に着手する。
- ◆ 東京電力管内で停電復旧作業活動が 35 か所程度、中部電力管内で 20 か所となり、復旧すべき鉄塔は、分散されている可能性が考えられる。
- ◆ 各班の人員数、他地域からの応援要請、各地域への移動時間等を考慮することにより、復旧に要する時間を想定することが可能となる。

東京電力管内では、35 か所の地域で鉄塔の絶縁破壊を起点に停電が発生することが想定されるが、配電線と同様に、降灰による配電線の絶縁低下は、同時に発生する事象ではないことから降灰開始後、要員を確保し 10～20 班程度（各班 10 名程度）の体制を構築することにより、各停電発生の起点となった鉄塔（近隣で 2 か所程度）において作業着手後 1 日程度で復旧可能である。

中部電力管内では、20 か所の地域で鉄塔の絶縁破壊を起点に停電が発生することが想定されるが、東京電力と同様に、要員を確保し 10 班程度（各班 10 名程度）の体制を構築することにより、各停電発生の起点となった鉄塔（近隣で 2 か所程度）において作業着手後 1 日程度で復旧可能である。

なお、架空送電作業従事者は、東京電力管内で約 900 人、中部電力管内で約 800 人在籍することから、上記の体制構築は十分可能な状況である。

3.4.4 変電所に対する影響検討

(1) 変電所に対する影響検討方針

変電所については、過去に阿蘇山の噴火により変電設備の絶縁破壊を起点に停電が発生した事例があり、この事例では周辺地域に広範囲に停電が生じている。通常の変電所は、2回線を有しており、事故時には回線切り替え等の対応が可能であるが、阿蘇山の事例では、熊本地震の影響により1回線での運用を行っていたため広範囲な停電発生に至っている。

変電所の影響検討にあたり、以下の仮定を行った。

- ◆ 変電所についても、電圧階級によりリスクが異なり、高圧であれば影響が甚大であるが、それに応じた絶縁耐力があることから、前述の送電線と同様に154kV以下を対象とする。
- ◆ 変電所は、冗長化されており、単一事故では長時間停電しない設備であることを考慮し、停電発生確率を2乗して、冗長化を考慮する。

以下の式により、変電所に対する影響について検討を行う。

$$\text{停電が発生する可能性がある変電所数} = \text{停電発生確率}^2 \times \text{変電所数}$$

なお、上式の変電所数は、屋内化等の対策済の変電所を除いた数を用いることとし、配電線の影響検討で考慮した対策率は適用しないこととした。

(2) 変電所に対する影響検討結果

変電所に対する影響リスクの試算結果を表3.13及び表3.14に示す。

試算の結果、東京電力管内で2か所程度、中部電力管内で1か所程度の変電所を起点とした停電発生の可能性があることが示された。

3.4.2に示した配電線を起点する停電世帯のうちの一部は、変電所を起点とした停電の可能性のあるものと思われる。

表 3.13 変電所を起点とする停電影響リスク（モデル1：線形モデル：一律1%）

降灰ケース	停電影響リスク（変電所数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース1	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ケース2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
ケース3：東京電力管内	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
ケース3：中部電力管内	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

表 3.14 変電所を起点とする停電影響リスク（モデル2：対数モデル：上限 8.5%）

降灰ケース	停電影響リスク（変電所数）								
	3時間	6時間	1日	2日	4日	6日	8日	12日	15日後
ケース1	0.2	0.3	0.4	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
ケース2	0.2	0.3	0.8	0.9	1.1	1.2	1.5	1.6	1.7
ケース3：東京電力管内	0.0	0.0	0.1	0.8	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3
ケース3：中部電力管内	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5

(3) 変電所の復旧可能性

停電の起点となる変電所は、最大で東京電力管内で2か所、中部電力管内で1か所程度である結果となった。

変電所の復旧作業にあたっての前提条件を以下に示す。

- ◆ 道路が利用可能な状況であることを前提とする（降雨時に停電が生じた場合、30mm以上の降灰で道路の利用は困難）。
- ◆ 作業員の健康被害を勘案し、降灰が生じない日の作業とする（最大噴火16日後以降）。
- ◆ 風向きや長期の天気予報、降灰予報を確認し、作業にあたる（作業実施が困難な日も想定される）。

配電用変電所における降灰除去作業は、1班5名程度の体制で実施する。

東京電力管内で2班体制、中部電力管内で1班での除灰作業となり、作業着手後1日程度での復旧が可能であると考えられる。

3.4.5 配電線、送電線、変電所に対する影響範囲と復旧体制の整理

本検討においては、過去の火山の噴火による降灰の影響で生じた停電の発生事例を整理し、富士山の噴火による降灰厚に対して、配電線、送電線、変電所に対する影響について検討を行った。また、この影響に対する復旧体制の確認を行った。各電力設備の復旧作業の実施にあたっては、以下の前提を仮定した。

- ◆ 道路が利用可能な状況であることを前提とする（降雨時に停電が生じた場合、30mm以上の降灰で道路の利用は困難）。
- ◆ 作業員の健康被害を勘案し、降灰が生じない日のみの作業とする（最大噴火 16 日後以降）。
- ◆ 風向きや長期の天気予報、降灰予報を確認し、作業にあたる（作業実施が困難な日も想定される）。

上記の前提を元に、配電線、送電線及び変電所の復旧にあたっての体制については、現行で十分要員が確保できること、系統の復旧にあたっては、各停電箇所、故障発生箇所において作業開始後 1 日程度での復旧が可能であると想定された。

表 3.15 に各電力設備の影響の範囲と復旧体制の整理結果を示す。

表 3.15 各電力設備の影響範囲と復旧体制

	配電線		送電線		変電所	
	東京電力管内	中部電力管内	東京電力管内	中部電力管内	東京電力管内	中部電力管内
影響範囲	400,000 世帯相当	20,000 世帯相当	鉄塔数：35 か所	鉄塔数：20 か所	変電所数：2	変電所数：1
復旧体制	数 10 班×各 5 名 十分な体制を確保	5 班×各 5 名 程度	10～20 班程度 ×各 10 名 十分な体制を確保	10 班程度 ×各 10 名 十分な体制を確保	2 班×各 5 名	1 班×各 5 名
復旧に要する日数	各地域作業開始後 1 日程度	各地域作業開始後 1 日程度	各箇所作業開始後 1 日程度	各箇所作業開始後 1 日程度	各箇所作業開始後 1 日程度	作業開始後 1 日程度
最大復旧体制	令和元年台風 15 号の際に、1 万 6,000 名体制で実施		東京電力管内で約 900 名、中部電力管 内で約 800 名が架空送電作業に従事		東日本大震災の際に、1,360 名体制で 実施	

※ 復旧作業が必要な鉄塔の箇所数は、近隣で 2 か所以上の可能性あり

3.5 発電設備への影響検討

3.5.1 発電供給支障の検討方針

本検討においては、降灰による発電設備への影響を考慮し、どの程度の発電供給支障が発生する可能性があるかどうかについて検討を実施した。

3.5.2 火力発電に対する影響検討³⁰⁾³¹⁾

降灰時の火力発電設備の最大発電出力の推移について試算を行った。試算は、以下に示す2つの検討ケースに対して実施した。

- ベースケース（降灰後、出力を低下させて運転するケース）
- 比較ケース（降灰後は定格で運転し、フィルター交換後出力低下させるケース）

ベースケースにおいては、コンバインドサイクル及びガスタービンが噴火直後に最低出力（定格出力の50%を仮定）で運転すると仮定した。また、最低出力で運転をすることで、降灰厚40mm程度までフィルター交換をせずに、延命できると仮定した。

比較ケースにおいては、コンバインドサイクル及びガスタービンが噴火直後も定格出力で運転すると仮定し、降灰厚20mmを超えるとフィルター交換を実施すると仮定した。また、フィルター交換後は、最低出力運転を行い、降灰厚40mm程度までフィルターを交換せずに運転が継続可能であると仮定した。

ただし両ケースにおいて、中部電力管内の火力発電所については、気象庁からの降灰予報等の情報により、降灰の影響がないものと事前に推察できたとして、定格運転を仮定した。

以下に、各ケースの検討条件及び検討結果を示す。

(a) 最大発電出力についての試算（火力発電設備：ベースケース）

ベースケースにおいては、コンバインドサイクル及びガスタービンに対して、以下の仮定を設定した。

- ◆ 噴火後は最低出力（定格の50%と仮定）で運転し、降灰厚が40mmを超えたらフィルター交換を行う。
- ◆ 複数のユニットを有する発電所では、まず半分のユニットのフィルター交換を実施し再運転後、残りのユニットのフィルターの交換を実施する。
- ◆ 1回のフィルター交換には1日を要し、交換中のユニットは出力が0になる。
- ◆ フィルター交換後は、フィルター延命化のため、最低出力（定格出力の50%と仮定）

³⁰⁾ ガスタービンの吸気機能の低下に関する閾値としての20mmについては、「第3回 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WG資料」を参考に決定、定格の50%で運転する場合の閾値である40mmはここで仮定

³¹⁾ 火力発電の位置情報については、国土交通省提供の国土数値情報のデータを用い、各発電所の出力等については、各社HPを参考に条件設定を実施した

で運転を行うが、次に降灰厚が 40mm を超えると運転が困難になる。

- ◆ 各発電所では、全ユニットに対して 1 回交換可能な数の予備フィルターを所有している。

例として、定格出力が 516 万 kW の A 発電所（4 ユニット構成）に対する、上記の仮定によるフィルター交換のシナリオの検討結果を以下に示す。

A 発電所では噴火後は最低出力で運転し、噴火 1 日後に降灰厚が 40mm を超えるためフィルター交換を実施する。A 発電所は 4 ユニット構成の発電所であるため、噴火 1 日後に 2 ユニット、噴火 2 日後に残り 2 ユニットのフィルター交換を実施する。1 日後の交換においては 4 ユニット中 2 ユニットがフィルター交換を実施し、残りの 2 ユニットは最低出力で運転する。2 日後の交換においてはフィルター交換済みの 2 ユニットは最低出力で運転し、残りの 2 ユニットがフィルター交換を実施する。その後はフィルター延命化のため、引き続き最低出力で運転するが、噴火 12 日後にフィルター交換後（噴火 2 日後）から見て降灰厚の増分が 40mm を超えるため、運転が困難になり、発電出力がゼロになる。

上記のフィルター交換シナリオの検討例の降灰厚とフィルター交換の時期を図 3.19 に示し、発電出力の推移を図 3.20 に示す。

	噴火前	3時間後	6時間後	1日後	2日後	4日後	6日後	8日後	12日後	15日後
A発電所の降灰厚(mm)	0	7.5	8.3	46.0	46.0	83.1	83.6	83.7	99.4	105.3
フィルター交換後の降灰厚の増分 (mm)	--	--	--	--	--	37.1	37.6	37.7	53.3	59.3
フィルター交換をしたユニット (全4ユニット)	--	--	--	2ユニット	2ユニット	--	--	--	--	--
発電出力(万kW)	516	258	258	129	129	258	258	258	0	0

フィルター交換

運転停止

図 3.19 フィルター交換シナリオ（ベースケース）

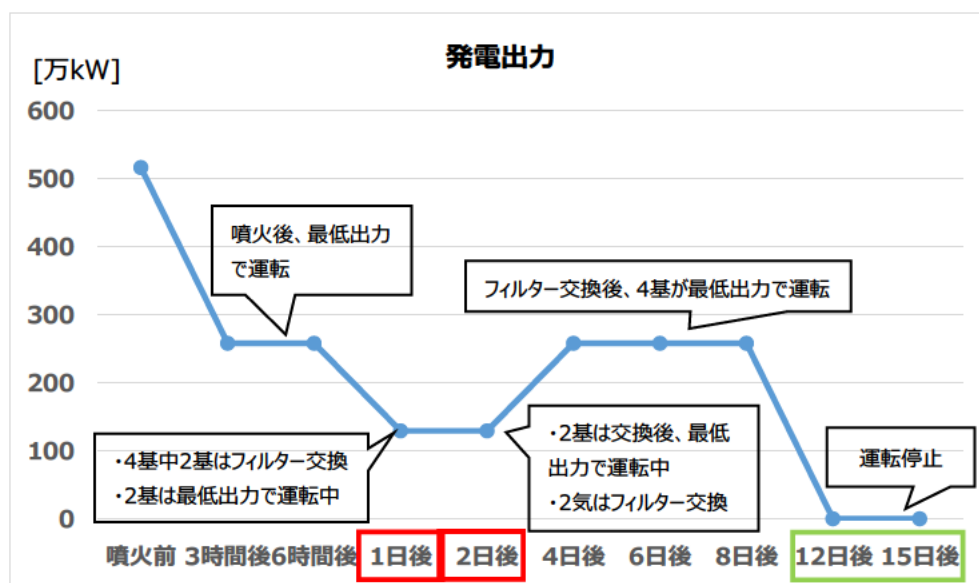


図 3.20 フィルター交換シナリオの例（A 発電所の発電出力推移、ベースケース）

火力発電に対しては、設備が建屋内に位置しているため、降灰の影響は限定的であると考えられるが、一方で完全には密閉されていないこと、石炭火力の場合、残置された石炭に灰が積もる等の通常の状況とは異なることから、以下の仮定を置いた。

◆ 降灰厚が 50mm を超えると出力を定格出力の 50%、100mm を超えると 0%とする。

上記の仮定の下、ケース 1、2、3 に対して火力発電設備最大出力推移を試算した。

表 3.16 及び図 3.21 から図 3.24 にケース別の試算結果を示す。表 3.16 より、ベースケースにおいて、東京電力管内で噴火後に火力発電設備の出力が最も低下するのはケース 1 であり、15 日後には定格出力の約 58%まで低下するという試算結果となった。また、前述の仮定により中部電力管内の火力発電設備は影響を受けないという試算結果となった。

表 3.16 ケース別出力推移（火力発電設備、ベースケース）

			出力（百万kW）									
			定格出力	3時間後	6時間後	1日後	2日後	4日後	6日後	8日後	12日後	15日後
ケース 1	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	11.44	11.44	9.83	9.83	11.37	11.25	10.28	8.23	7.37
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	28.21	28.21	26.94	26.94	22.03
		合計	50.79	41.40	41.40	39.79	39.79	39.58	39.46	37.23	35.17	29.41
		合計（定格対比）	1.00	0.82	0.82	0.78	0.78	0.78	0.78	0.73	0.69	0.58
ケース 2	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	11.44	11.44	11.44	11.44	11.44	11.15	11.41	11.44	10.74
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.43	28.91
		合計	50.79	41.40	41.40	41.40	41.40	41.40	41.11	41.36	40.87	39.65
		合計（定格対比）	1.00	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.80	0.78
ケース 3	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	11.42	11.42	11.42	11.42	11.40	10.66	11.40	11.40	11.42
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96
		合計	50.79	41.37	41.37	41.37	41.37	41.36	40.62	41.36	41.36	41.37
		合計（定格対比）	1.00	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.80	0.81	0.81	0.81
ケース 3	中部電力管内	コンバインドサイクル	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93
		火力発電	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57
		合計	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
		合計（定格対比）	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

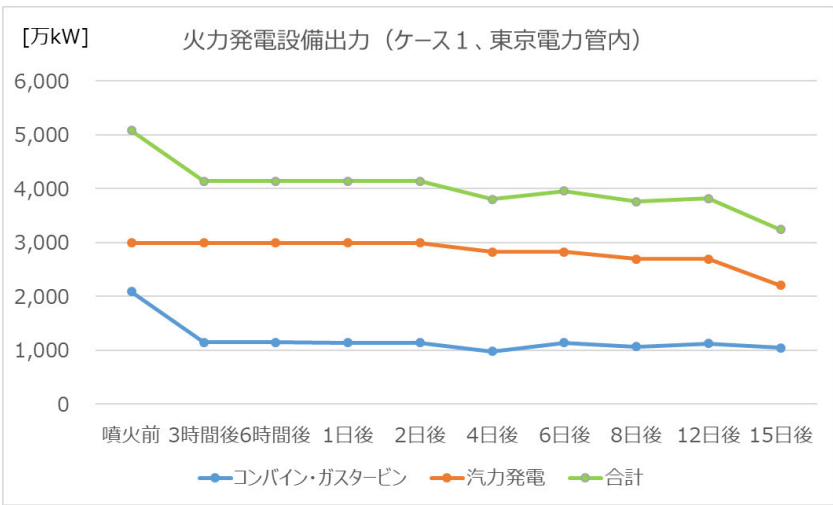


図 3.21 火力発電設備出力推移（ケース 1、東京電力管内、ベースケース）

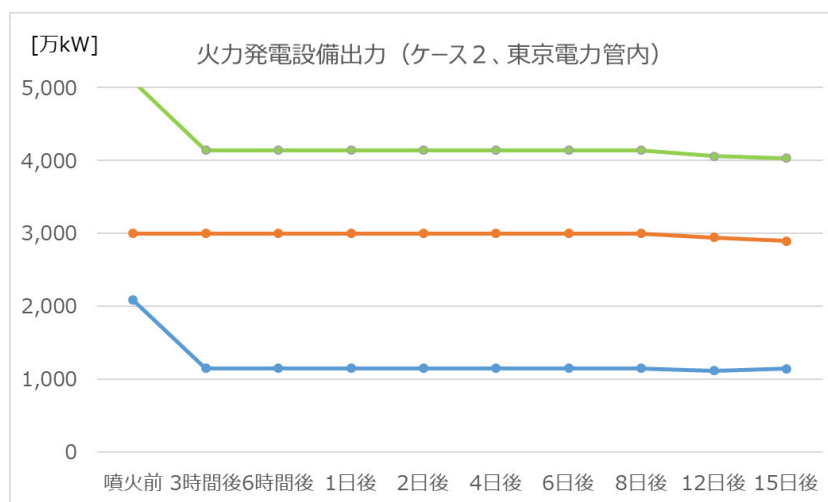


図 3.22 火力発電設備出力推移（ケース2、東京電力管内、ベースケース）

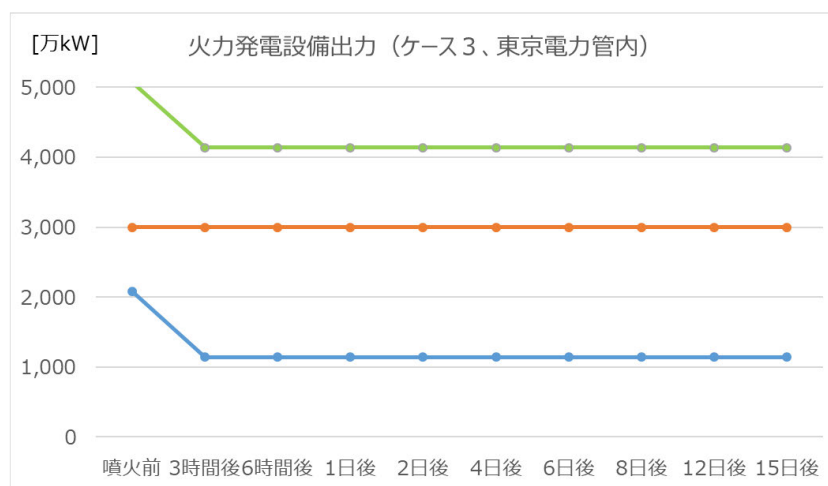


図 3.23 火力発電設備出力推移（ケース3、東京電力管内、ベースケース）

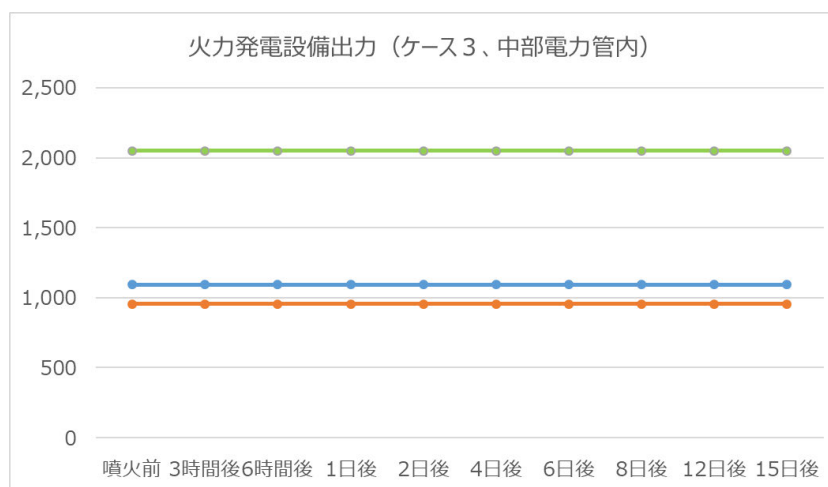


図 3.24 火力発電設備出力推移（ケース3、中部電力管内、ベースケース）

参考として、各ケースにおける噴火 15 日後の降灰厚と本試算で対象とした火力発電所を図 3.25 から図 3.27 に示す。ここで、降灰厚の単位は mm で、降灰厚 0.1mm 以上の地点を対象として作図している。

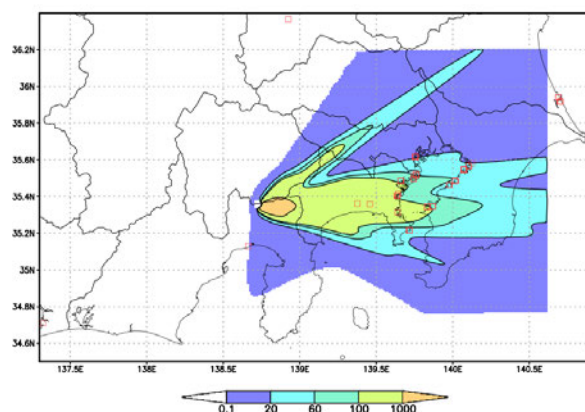


図 3.25 噴火 15 日後の降灰厚と対象とした火力発電所（ケース 1）

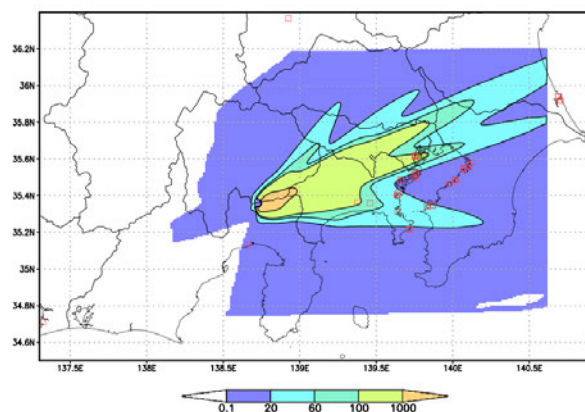


図 3.26 噴火 15 日後の降灰厚と対象とした火力発電所（ケース 2）

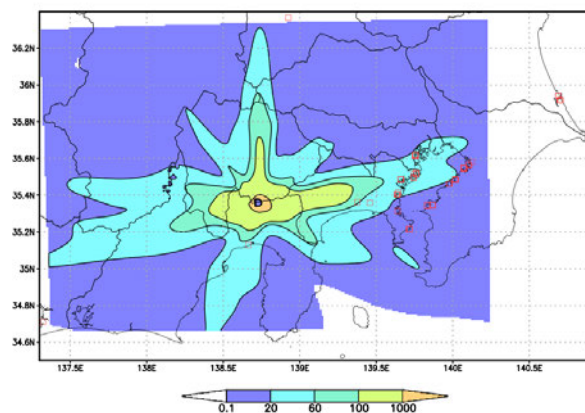


図 3.27 噴火 15 日後の降灰厚と対象とした火力発電所（ケース 3）

(b) 最大発電出力についての試算（火力発電設備：比較ケース）

比較解析ケースにおいては、コンバインドサイクル及びガスタービンに対して、以下の仮定を設定した。

- ◆ 噴火後は定格出力で運転し、降灰厚が 20mm を超えたらフィルター交換を行う。
- ◆ 複数のユニットを有する発電所では、まず半分のユニットのフィルター交換を実施し再運転後、残りのユニットのフィルターの交換を実施する。
- ◆ 1 回のフィルター交換には 1 日を要し、交換中のユニットは出力が 0 になる。
- ◆ フィルター交換後は、フィルター延命化のため、最低出力（定格出力の 50%と仮定）で運転を行うが、次に降灰厚が 40mm を超えると運転が困難になる。
- ◆ 各発電所では、全ユニットに対して 1 回交換可能な数の予備フィルターを所有している。

例として、ベースケースと同じ定格出力が 516 万 kW である A 発電所（4 ユニット構成）に対する、上記の仮定によるフィルター交換のシナリオの検討結果を以下に示す。

A 発電所では、噴火後は定格出力運転を継続し、噴火 1 日後に降灰厚が 20mm を超えるためフィルター交換を実施する。A 発電所は 4 ユニット構成の発電所であるため、噴火 1 日後に 2 ユニット、噴火 2 日後に残り 2 ユニットのフィルター交換を実施する。1 日後の交換においては 4 ユニット中 2 ユニットがフィルター交換を実施し、残りの 2 ユニットは定格出力で運転する。2 日後の交換においてはフィルター交換済みの 2 ユニットは最低出力で運転し、残りの 2 ユニットがフィルター交換を実施する。その後はフィルター延命化のため最低出力で運転するが、噴火 12 日後にフィルター交換後（噴火 2 日後）から見て降灰厚の増分が 40mm を超えるため、運転が困難になり、発電出力がゼロになる。

上記のフィルター交換シナリオの検討例の降灰厚とフィルター交換の時期を図 3.28 に示し、発電出力の推移を図 3.29 に示す。

	3時間後	6時間後	1日後	2日後	4日後	6日後	8日後	12日後	15日後
A発電所の降灰厚(mm)	7.5	8.3	46.0	46.0	83.1	83.6	83.7	99.4	105.3
フィルター交換後の降灰厚の増分 (mm)	--	--	0.0	0.0	37.1	37.6	37.7	53.3	59.3
フィルター交換をしたユニット（全4ユニット）	--	--	2ユニット	2ユニット	--	--	--	--	--
発電出力(万kW)	516	516	258	129	258	258	258	0	0

フィルター交換

運転停止

図 3.28 フィルター交換シナリオ（比較ケース）

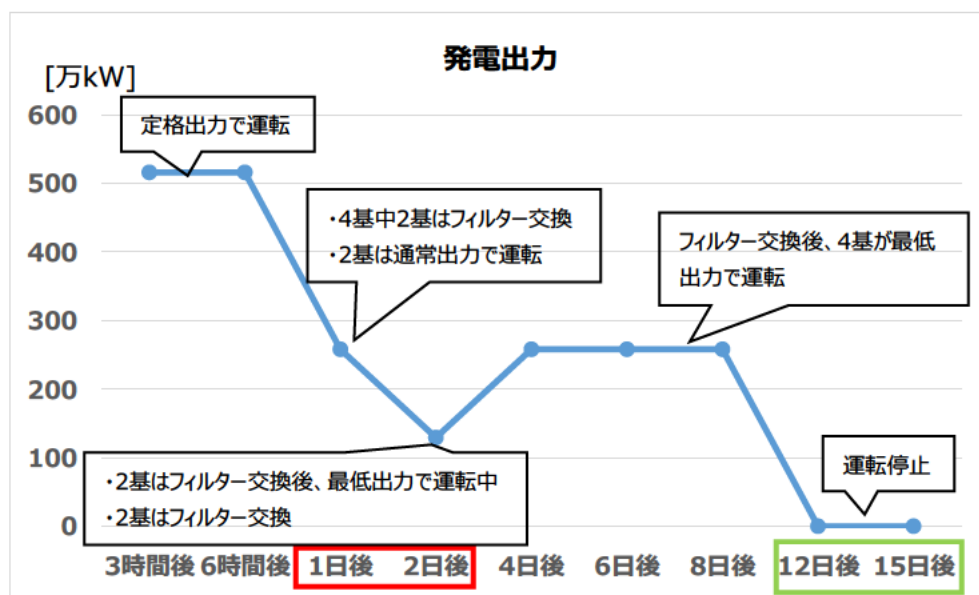


図 3.29 フィルター交換シナリオ（発電出力推移、比較ケース）

火力発電に対しては、ベースケースにおける仮定と同様の仮定を置いた。上記の仮定の下、ケース 1、2、3 に対して火力発電設備最大出力推移を試算した。

表 3.17 及び図 3.30 から図 3.33 にケース別の試算結果を示す。表 3.17 より、比較ケースにおいても、東京電力管内の火力発電設備の出力が最も低下するのはケース 1 であり、15 日後には定格出力の約 58%まで出力が低下するという試算結果となった。また、前述の仮定により中部電力管内の火力発電設備は影響を受けないという試算結果となった。

表 3.17 ケース別出力推移（火力発電設備、比較ケース）

			出力 (百万kW)									
			定格出力	3時間後	6時間後	1日後	2日後	4日後	6日後	8日後	12日後	15日後
ケース 1	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	20.83	20.77	17.56	15.98	16.05	15.93	14.00	11.19	7.29
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	28.21	28.21	26.94	26.94	22.03
		合計	50.79	50.79	50.72	47.51	45.94	44.25	44.14	40.95	38.14	29.32
		合計 (定格対比)	1.00	1.00	1.00	0.94	0.90	0.87	0.87	0.81	0.75	0.58
ケース 2	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	20.83	20.83	20.83	20.83	20.26	20.26	20.08	19.51	16.42
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.43	28.91
		合計	50.79	50.79	50.79	50.79	50.79	50.22	50.22	50.03	48.94	45.32
		合計 (定格対比)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	0.96	0.89
ケース 3	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	20.83	20.83	20.83	20.26	20.20	16.76	16.76	16.74	16.74
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96
		合計	50.79	50.79	50.79	50.79	50.22	50.15	46.72	46.72	46.70	46.70
		合計 (定格対比)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.92	0.92	0.92	0.92
ケース 3	中部電力管内	コンバインドサイクル	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93	10.93
		火力発電	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57	9.57
		合計	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50	20.50
		合計 (定格対比)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

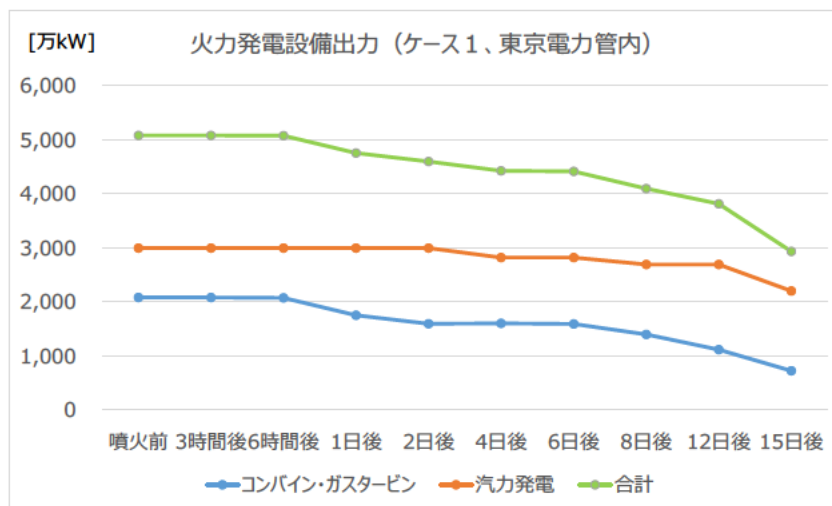


図 3.30 火力発電設備出力推移 (ケース1、東京電力管内、比較ケース)

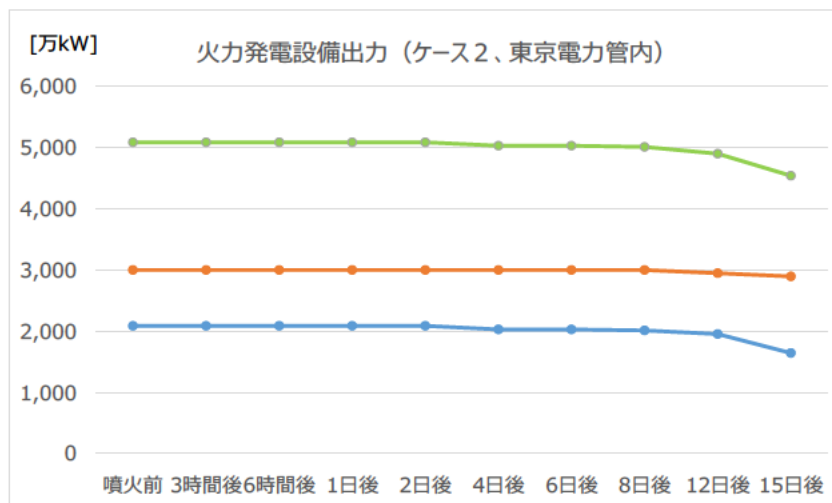


図 3.31 火力発電設備出力推移 (ケース2、東京電力管内、比較ケース)

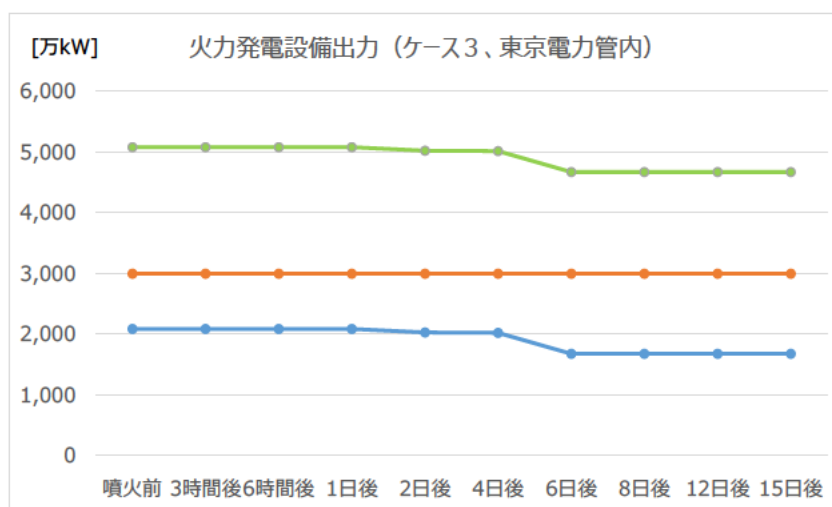


図 3.32 火力発電設備出力推移 (ケース3、東京電力管内、比較ケース)

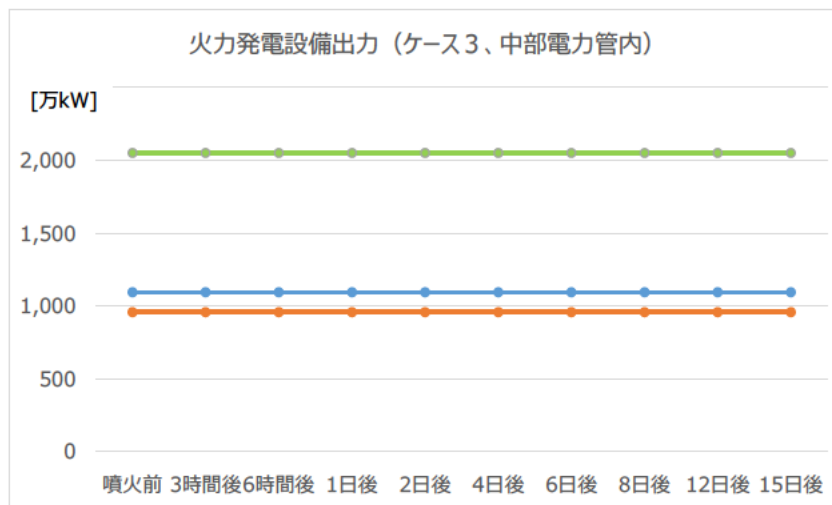


図 3.33 火力発電設備出力推移（ケース3、中部電力管内、比較ケース）

(c) ベースケースと比較ケースの比較

本検討においては、ベースケースについては、降灰が生じた火力発電所に対しては、最低出力運転の実施を想定し、比較ケースについては、降灰が生じた場合においても定格運転を続け、フィルター交換を実施した後は最低出力での運転を行うことを想定した。

今回の降灰条件では、1日後に降灰厚が40mmを超え、最低出力での運転が困難となる発電所が存在すること、フィルター交換後の運転が15日後に困難になる火力発電所が、ベースケースと比較ケースで差がないこと等により、最も厳しい結果として15日後の出力が定格に対して58%であるという結果に変わりがなかった。

表 3.18 ベースケースと比較ケースの比較（ケース1）

			出力（百万kW）									
			定格出力	3時間後	6時間後	1日後	2日後	4日後	6日後	8日後	12日後	15日後
ベース ケース ケース1	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	11.44	11.44	9.83	9.83	11.37	11.25	10.28	8.23	7.37
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	28.21	28.21	26.94	26.94	22.03
		合計	50.79	41.40	41.40	39.79	39.79	39.58	39.46	37.23	35.17	29.41
		合計（定格対比）	1.00	0.82	0.82	0.78	0.78	0.78	0.78	0.73	0.69	0.58
比較 ケース ケース1	東京電力管内	コンバインドサイクル	20.83	20.83	20.77	17.56	15.98	16.05	15.93	14.00	11.19	7.29
		火力発電	29.96	29.96	29.96	29.96	29.96	28.21	28.21	26.94	26.94	22.03
		合計	50.79	50.79	50.72	47.51	45.94	44.25	44.14	40.95	38.14	29.32
		合計（定格対比）	1.00	1.00	1.00	0.94	0.90	0.87	0.87	0.81	0.75	0.58

3.5.3 水力発電設備に対する影響検討³²⁾

水力発電への降灰への影響としては、水車を回転させる流体に灰が混入することによる、水車の摩耗が考えられる。水車の摩耗が生じることにより、水車部品の交換が生じる時期が早まることが想定されるが、15 日間の噴火の期間で水車部品の交換が必要となるような摩耗が生じることは考えにくいことから、大きな供給支障は生じないと想定した。

³²⁾ 火力発電の位置情報については、国土交通省提供の国土数値情報のデータを用い、各発電所の出力等については、各社 HP を参考に条件設定を実施した

3.5.4 太陽光発電設備に対する影響検討

太陽光発電設備に対して、最大発電出力の試算を実施した。太陽光発電のデータは、2020年10月31日段階のFITの認可データに基づき算定した³³⁾。また、太陽光発電の出力は損失を考慮して0.85³⁴⁾を乗じ計算を実施した。太陽光発電設備の出力の一覧を表3.19に示す。

降灰量の閾値は、0.3mm³⁵⁾と仮定した。なお、太陽光発電パネルの角度の情報がないことから、閾値は一律で0.3mmと仮定した。

表3.19に対象地域の太陽光発電設備の定格出力、表3.20に噴火後の出力及び図3.34から図3.36に太陽光発電の供給可能性について示す。

東京電力管内では、全体で60%程度、中部電力管内では、最も影響のあるケース3で77%程度となった。なお、この試算では、静岡県の実出力は東京電力管内と中部電力管内がそれぞれ50%と仮定した。

表 3.19 太陽光発電設備の定格出力一覧

所在地	定格出力(kW)	定格×0.85 (kW)
茨城県	4,547,114	3,865,047
栃木県	3,088,629	2,625,335
群馬県	2,677,194	2,275,615
埼玉県	1,327,004	1,127,954
千葉県	3,120,934	2,652,794
東京都	83,110	70,644
神奈川県	281,383	239,176
山梨県	644,303	547,658
長野県	1,508,090	1,281,876
岐阜県	1,356,521	1,153,043
静岡県	2,087,982	1,774,785
愛知県	1,675,121	1,423,853
三重県	2,598,822	2,208,998

³³⁾ 再生可能エネルギー電子申請 事業計画認定情報 公表用ウェブサイト (<https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfo>) 2021年2月20日閲覧

³⁴⁾ 「太陽光発電協会 表示ガイドライン(平成30年度)」を参考に、結晶系シリコン太陽電池、アモルファスシリコン太陽電池における1年間の平均的な損失係数を算定

³⁵⁾ 大規模噴火時の広域降灰対策について一首都圏における降灰の影響と対策～富士山噴火をモデルケースに～(報告)別添資料2

表 3.20 太陽光発電設備の出力の比較（噴火前、噴火 15 日後）

所在地	定格出力 (kW)	定格 × 0.85 (kW)	噴火15日後の出力 (kW)		
			ケース1	ケース2	ケース3
茨城県	4,547,114	3,865,047	2,200,177	2,682,428	2,682,428
栃木県	3,088,629	2,625,335	2,625,335	2,437,834	2,437,834
群馬県	2,677,194	2,275,615	2,265,873	1,241,371	1,241,371
埼玉県	1,327,004	1,127,954	248,486	0	0
千葉県	3,120,934	2,652,794	101,856	1,342,025	1,342,025
東京都	83,110	70,644	1,002	1,002	1,002
神奈川県	281,383	239,176	0	0	0
山梨県	644,303	547,658	357,214	0	0
長野県	1,508,090	1,281,876	1,281,876	359,040	359,040
岐阜県	1,356,521	1,153,043	1,153,043	962,788	962,788
静岡県	2,087,982	1,774,785	1,368,587	1,078,465	1,078,465
愛知県	1,675,121	1,423,853	1,423,853	1,284,592	1,284,592
三重県	2,598,822	2,208,998	2,208,998	2,208,998	2,208,998

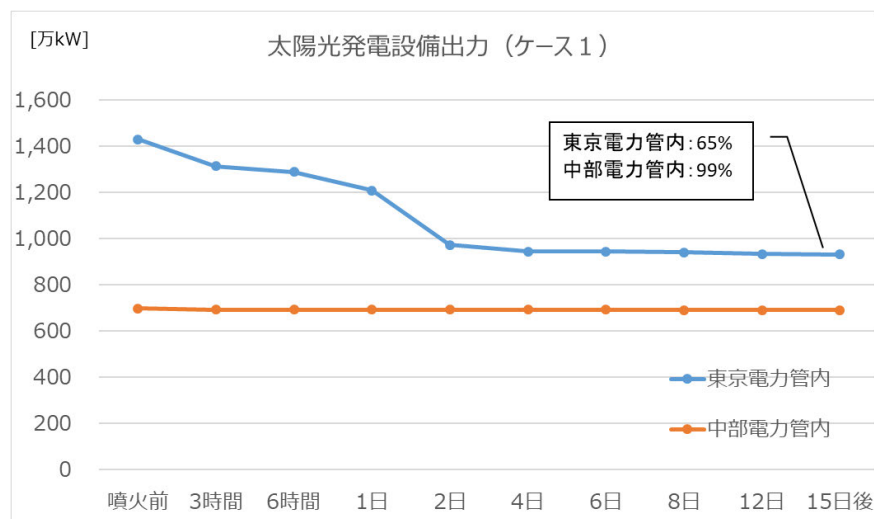


図 3.34 太陽光発電設備出力推移（ケース 1）

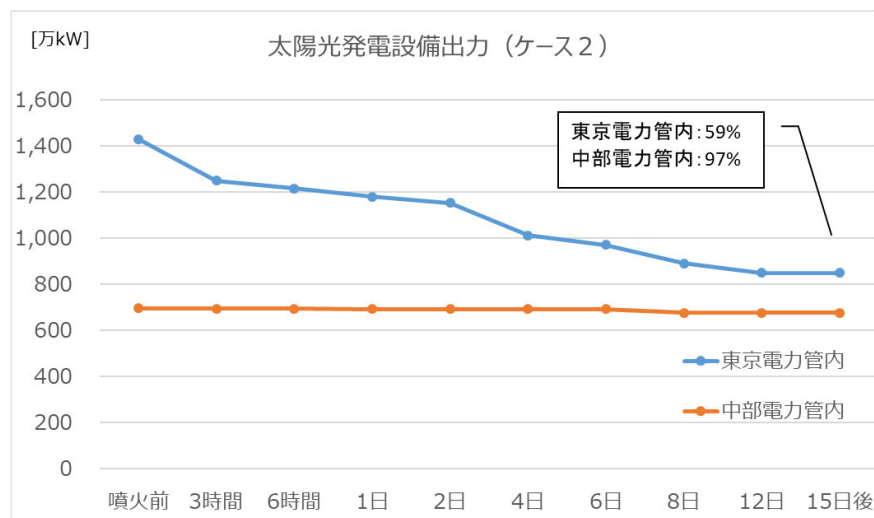


図 3.35 太陽光発電設備出力推移（ケース 2）

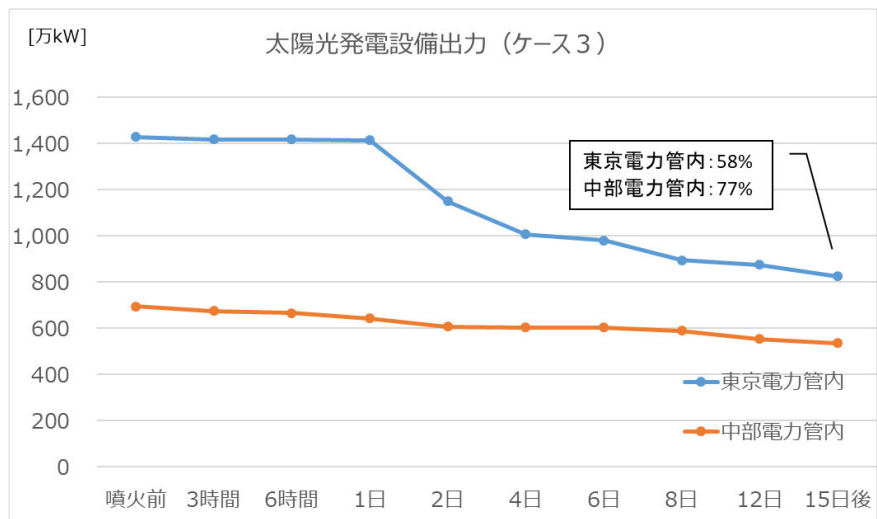


図 3.36 太陽光発電設備出力推移（ケース3）

3.5.5 発電設備への影響検討結果

本検討において、火力発電設備、水力発電設備及び太陽光発電設備の発電出力の推移についての試算を実施した。

表 3.21 に各発電設備の出力推移の試算結果を示す。

表 3.21 に示すように、東京電力管内はケース 1 で最も発電出力が低下し、噴火 15 日後には定格出力の約 65%まで低下するという試算結果が得られた。また、中部電力管内は太陽光発電設備の以外はほとんど影響を受けず、噴火 15 日後でも定格出力の約 95%までしか低下しないという試算結果が得られた。

表 3.21 発電出力（噴火 15 日後）試算結果のまとめ

		ケース 1 (東京電力管内)	ケース 2 (東京電力管内)	ケース 3 (東京電力管内)	ケース 3 (中部電力管内)
火力発電設備	最小出力	約 2,900 万 kW (15 日後)	約 3,900 万 kW (15 日後)	約 4,100 万 kW (15 日後)	約 2,000 万 kW (影響なし)
	定格出力	約 5,000 万 kW	約 5,000 万 kW	約 5,000 万 kW	約 2,000 万 kW
	最小出力/定格出力	0.58	0.78	0.81	1.0
水力発電設備	定格出力合計	約 1,080 万 kW	約 1,080 万 kW	約 1,080 万 kW	約 570 万 kW
太陽光発電	最小出力	約 920 万 kW (15 日後)	約 840 万 kW (15 日後)	約 820 万 kW (15 日後)	約 530 万 kW (15 日後)
	定格出力	約 1,400 万 kW	約 1,400 万 kW	約 1,400 万 kW	約 700 万 kW
	最小出力/定格出力	0.65	0.59	0.58	0.77
合計	最小出力	約 4,900 万 kW	約 5,860 万 kW	約 6,000 万 kW	約 3,100 万 kW
	定格出力	約 7,480 万 kW	約 7,480 万 kW	約 7,480 万 kW	約 3,270 万 kW
	最小出力/定格出力	0.65	0.78	0.80	0.95

第4章 検討のまとめ

4.1 電力供給に係る初動対応、事後対策及び克服すべき課題

本検討においては、過去に発生した火山噴火時における停電の発生データを整理し、降灰量と停電の発生の可能性、また当該地域における影響の程度を把握し、富士山噴火時における停電の発生の可能性について検討を行った。併せて、復旧の可能性の検討を行う目的で、降灰の影響により碍子等の絶縁低下等の事故が発生する鉄塔数、変電所数の検討を行った。

上記の検討より、降灰時の復旧の可能性についての考察結果として以下を得ることができた。

- ◆ 東京電力管内では、配電線、送電線、変電所を起点とする停電に対しては、十分な要員確保が可能な状況であることを確認し、各地域それぞれ作業着手後 1 日程度で復旧が可能であることを確認した。
- ◆ 中部電力管内においても東京電力管内と同様、配電線、送電線、変電所を起点とする停電に対しては、十分な要員確保が可能な状況であることを確認し、各地域それぞれ作業着手後 1 日程度で復旧が可能であることを確認した。
- ◆ また、東京電力、中部電力とも災害時連携計画を設定しており、過去の災害時における復旧体制の実績をもとにした場合、本報告書における想定を上回る規模の停電が発生した場合においても、十分な復旧体制を有していることが分かった。
- ◆ 都道府県本部、災害拠点、病院等への電力供給が必要な場合は、電源車等を活用し、個別に対応することが可能である。

また、系統の復旧のためには、以下の条件を満たす必要があることを前提とした。

- ◆ 道路が利用できる状況であることを前提とする（降雨時に停電が生じた場合、30mm 以上の降灰で道路の利用は困難）。
- ◆ 作業員の健康被害を勘案し、降灰が生じない日の作業とする（最大で噴火発生後 16 日以降）。
- ◆ 基本的に、風向きや長期の天気予報、降灰予報を確認し、作業にあたる（噴火が発生しない日においても、作業実施が困難な日の存在を想定）。

3 章までの検討と上記の結果により、以下の初動対応、事後対策を行うことが期待される。

- ◆ 初動対応
 - 降灰の影響により、配電線を中心に碍子の絶縁低下により停電が発生する可能性があることに留意し、要員確保等の準備を行う。
 - 気象庁の情報に注視し、省庁・自治体との連携によって降灰地域を把握する。
 - 道路管理者（国土交通省・自治体）との連携体制の確認を行い、系統復旧のための道路の状況を把握する。
- ◆ 事後対策
 - 停電が発生した際の事後対策としては、作業が開始可能な条件を確認したうえ

で、順次系統の復旧を行うことが望まれる。

- 30mm 以上の降灰がある地域で、降雨条件が重なった場合には、道路啓開後の作業となる可能性が高く、留意する必要がある。
- 電源車を活用し、災害拠点、病院等への電力供給を行う際には、電源車が降灰の影響を受けないような対策（可能であれば、屋根等により降灰の影響を受けずらい場所等での駐車）を実施することが望まれる。

◆ 克服すべき課題

- 克服すべき課題としては、復旧作業を開始するためには、道路が利用可能、作業員に降灰の影響がないことが条件であることから、道路管理者、自治体等との協力の上、適切な情報収集を行うことが挙げられる。
- 特に、降灰が 30mm 以上の降灰がある地域で、降雨条件が重なった場合には、道路啓開が必要であることから、停電が長引く可能性があり、緊密な連携が望まれる。

4.2 発電供給支障に係る初動対応、事後対策及び克服すべき課題

以下に発電供給側の検討結果を示す（複数の仮定に基づく検討結果であり、と取扱いには十分な注意を要す）。

- ◆ 火力発電については、コンバインドサイクルが降灰による吸気機能の低下で発電に支障が生じる可能性等を考慮すると、ケース 1 の東京湾への降灰の影響が大きい場合には、最大 42%の供給量低下がある結果となった。
- ◆ 火力発電の発電支障を踏まえて、東京電力管内の過去の実績に基づいて水力発電、揚水発電及び連携線等の活用を考慮した場合、夏季、冬季及び GW の発電量としては、噴火発生時の 80%程度であることが分かった。

上記の検討では、運用中の火力発電設備に対しては、火山灰の詰まりに応じた出力抑制による長時間の運用策の仮定、さらに必要に応じたフィルター交換の実施を前提としており、火力発電設備の運用にあたっては、これらの前提条件に留意する必要がある。

以上の検討結果より、以下の初動対応を行うことが期待される。

◆ 初動対応

- 降灰時の電力供給に発生する事象は、発電量が急に減少する現象ではなく、断続的な噴火の影響により徐々に影響を受ける現象が生じるものと考えられる。
- 急激な需給バランスの変化によるブラックアウトの可能性は小さいものと思われるが、徐々に発電量が減少する可能性があることに留意した運用が望まれる。
- 特に火力発電設備の運用が重要であることから、フィルター交換等の準備を開始することが望まれる。

電力需給側の課題がある場合の事後対応としては、以下の対策が想定される。

◆ 事後対応

- 停止中の火力発電設備の運用の可否の検討。
- 水力発電、系統連携の活用強化。
- 夜間電力の需給状況を勘案した、揚水発電の利用拡大。
- 必要に応じた、資源エネルギー庁、経済産業省との協力による幅広い省電力の呼びかけ。

克服すべき課題としては、以下の点が挙げられる。

◆ 克服すべき課題

- 本検討の結果は複数の仮定に基づくものであり、噴火時の火力発電による電力供給量が、本検討の結果よりも低下する可能性は否定できない。
- このため電力需給に関する克服すべき最大の課題としては、噴火時の火力発電による電力供給量が著しく低下した場合の対応策（大口の産業利用者に対する電力需要の抑制、必要に応じた関東エリアの需要抑制の呼びかけと他電力エリアからの融通電力確保等の検討等）が挙げられる。

4.3 水平展開すべき事項の整理

富士山降灰時により電力災害の初動対応、事後対策の検討を踏まえ、水平展開すべき事項について整理を行った。

◆ 道路管理者（国土交通省、自治体）

- 停電時には、電力事業者が停電発生地域に移動し、作業を実施するため、道路が利用可能であることが必須である。
- そのため、利用可能な道路の情報共有等の緊密な連携、また必要に応じた優先的な降灰除去作業、優先的な道路啓開等の実施が必要である。

◆ 気象庁

- 降灰による停電の発生に対する電力事業者の準備のためには、降灰の可能性がある地域の把握が必要であり、降灰予報が必要である。
- また、系統復旧の作業の実施のためには、降灰の影響がない時間帯に実施する必要がある。
- 上記のためには、気象庁は省庁間で連携し、電力事業者はその枠組みで、適切な降灰予報等の予測に基づく情報の共有が必要となる。

◆ 災害拠点、病院等

- 降灰時には、必要に応じて電源車を活用し、電力供給を行うことが想定される。
- 自治体等を通じた、災害拠点や病院等と電力事業者間の連携が必要である。
- 電源車を活用し、災害拠点、病院等への電力供給を行う際には、電源車が降灰の影響を受けないための対策（可能であれば、屋根等により降灰の影響を受けずらい場所等での駐車）の実施が必要であることに留意する必要がある。

◆ 電力需要抑制のアナウンス（資源エネルギー庁、経済産業省）

- 今回の複数の仮定を重ねた発電供給支障の検討において、供給能力の高い火力発電においては、42%程度の供給出力減が生じ、他の発電設備も合わせると、定格出力に対して35%程度の供給出力減が生じる可能性がある結果となった。
- 降灰時に、電力需要に対して発電供給支障が生じる可能性がある場合には、電力事業者と協力し、必要に応じた大口の産業利用者に対する電力需要抑制、さらには生産活動抑制の呼び掛けの必要性、また場合によっては広く国民へ節電をお願いするなどにより、関東エリアの需要抑制と他電力エリアからの融通電力の確保の必要性が想定されることを示している。