



火山噴火による降灰リスクにおけるBCP策定のポイント ～桜島の噴火シミュレーションをモデルケースとして～

戦後最悪の火山災害として記憶に新しい2014年9月27日の御嶽山の噴火や、11月25日の阿蘇山の噴火を受けて、企業においても火山対策への関心が高まりつつある。火山の噴火には様々な現象が伴うが、本稿においては現在も噴火活動が継続している桜島の噴火シミュレーションをモデルケースとして、企業の事業活動に広範な影響を及ぼす可能性のある「降灰」リスクに焦点を当てた事業継続計画（BCP）策定のポイントについて解説する。

1. 火山噴火に対する事業継続計画（BCP）の必要性

2010年4月14日、アイスランド共和国のエイヤフィヤトラヨークトル火山が噴火した。この噴火による火山灰は、上空の気流に乗って西ヨーロッパ全土に拡散し、エンジンの停止等を引き起こすおそれがあるとして航空機の飛行が禁止された。最終的に欧州の約30ヶ国の空港が一時的に閉鎖され、ヨーロッパと他地域での航空機による輸送が不可能となったため、世界各国で生産活動に必要な人の移動と物資の供給が滞り、操業停止となる企業が続出した。日本においては、大手自動車メーカー向けの部品供給が中断したことにより、国内2工場で約2000台の車両の製造が停止する事態となった。

また、我が国は世界有数の火山国であり、近年では2000年に有珠山や三宅島が噴火し多くの住民が長期間にわたって避難を余儀なくされる等、大きな被害が発生した。一方で、交通網や通信ネットワークが高度に発達し、過密化した現代都市に直接被害を及ぼすような大規模な火山災害は未経験であるため、殆どの企業では十分な備えができていない。仮に、このように十分な備えの無い中で企業の生産拠点が大規模噴火による影響を長期にわたって受けた場合、取引先はリスク軽減のため、噴火の影響のない地域や海外の企業に発注をシフトする可能性がある。そして最悪の場合は、重要な取引先を失うことにより当該企業の存続が危ぶまれるおそれもある。このような事態を避けるためにも、企業においては火山噴火に対する事業継続計画（BCP）の策定が重要となる。

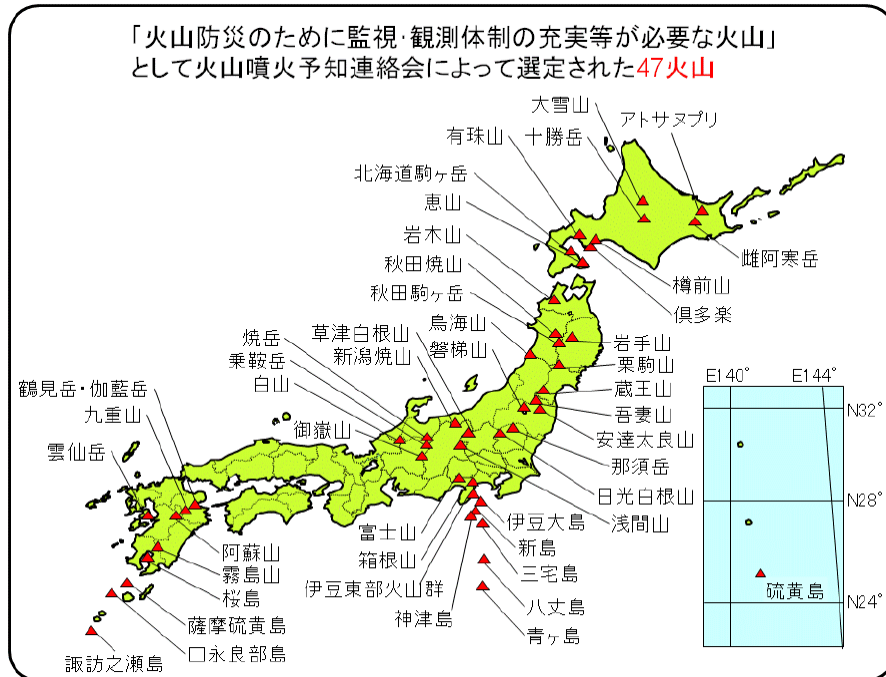
2. 日本の火山の現状

我が国には110の活火山があり、火山噴火予知連絡会により「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」に選定された47の火山に対しては、噴火の前兆を捉えて噴火警報等を適確に発表するため、地震計・傾斜計・空振計・GPS観測装置・遠望カメラ等の火山観測機器が設置された施設が整備されている（図1）。また、同連絡会は関係機関（大学等研究機関や自治体・防災機関等）からのデータ提供も受けて、24時間体制で火山活動を観測・監視している。

これらの観測・監視の成果を用いて火山活動の評価を行い、居住地域等に危険を及ぼすような噴

火が予想された場合には、気象庁は「警戒が必要な範囲」¹を明示して噴火警報を発表している。気象庁のホームページでこれらの噴火警報・予報を確認することにより、企業は自社拠点・サプライヤー等の拠点・流通経路等について、火山噴火による影響の可能性を知ることができる。

■ 図 1：火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山



出典：気象庁ホームページ 2014年12月1日現在

3. 噴火により想定される被害

(1) ハザードマップによる影響範囲の確認

各自治体のホームページ等で入手可能なハザードマップや防災マップ²には、過去の被害状況等に基づき、噴火した場合に生じる災害要因（噴石・火砕流・火山灰・溶岩流等）が記載されている。「自社拠点・サプライヤー等の拠点がどのような被害を受ける可能性があるのか」、「影響範囲はどこまで及ぶ可能性があるのか」を知る際には、これらのハザードマップが参考になる。

本稿では、現在も噴火活動が継続中であり、いつ大噴火に至ってもおかしくはない桜島の噴火シミュレーションをモデルケースとして取り上げる。桜島の場合、住民向けの噴石や火砕流の影響範囲を示したハザードマップに加え、より広域での降灰の分布予測を示した「桜島広域火山防災マップ」が作成されている（図2）。このマップでは、周辺の市町村にどの程度の降灰が堆積する可能性があるかが示されている。

自社の拠点やサプライヤー等の拠点をこのハザードマップにマッピングすることにより、それぞれの拠点における降灰堆積厚を確認することができるため、対策を考える上での目安となる。

¹ 「この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ」という範囲。

² 火山ハザードマップは、各災害要因（噴石・火砕流・火山灰等）の影響が及ぶおそれのある範囲を地図上に特定したもの。火山防災マップは、火山ハザードマップに防災上必要な情報（避難対象地域・避難先・避難経路等）を付加して作成したもの。出典：内閣府ほか「火山ハザードマップ作成指針」。

■ 図 2：桜島広域火山防災マップ
大規模噴火時の降灰分布予測



出典：「桜島広域火山防災ハザードマップ」
国土交通省 九州地方整備局 大隅河川国道事務所

(2)被害想定

火山が噴火した場合、噴石・火砕流・火山灰・溶岩流等の要因により様々な被害が発生する。ここでは、企業の事業活動に広範な影響を及ぼす可能性のある「降灰」による被害に焦点を当てて解説する。表1は、降灰による主な被害想定を項目別にまとめたものである。

■ 表 1：降灰による被害想定 の例

項目	想定される被害
健康被害	2cm 以上の降灰堆積厚の範囲では、何らかの健康被害が発生する可能性がある
建物	木造家屋の場合、降灰堆積厚が乾燥時で 45cm 以上になると倒壊が発生する可能性がある。降雨時は、水を含んだ火山灰の密度は約 1.5 倍になるため、降灰堆積厚 30cm で倒壊する家屋が発生する可能性がある
電子機器	大規模降灰時には、精密機器の故障の多発等が懸念される
道路	湿潤時は、1cm 以下の降灰で、乾燥時においても 2cm 程度で道路通行に支障を来す恐れがある
鉄道	車輪とレールの間に灰が入ることで導電不良が発生し、信号・踏切・切替ポイント等の障害による輸送の混乱が生じる可能性がある
航空	降灰がある範囲では、火山灰が航空機のエンジンに影響を及ぼし、エンジンの停止や損傷等のトラブルが発生する可能性がある。降灰堆積厚 1mm 以上になると、空港が閉鎖する可能性がある
電力	1cm 以上の降灰がある範囲では、送電機器の碍子に火山灰が付着し、降雨時に濡れて漏えい電流が流れ、停電が発生する可能性がある
水道	浄水場の沈殿池の能力を上回る火山灰が流入した場合、給水能力が減少する可能性がある
下水道	火山灰が大量に側溝に流れ込むと、下水道が機能不全を引き起こす可能性がある

出典：内閣府ほか「火山防災マップ作成指針」をもとに弊社作成

表 1 で見たように、降灰の被害で特徴的であるのは、鉄道・航空等の公共交通機関が機能しなくなり、道路の通行も困難になることで、物流網に大きな影響が出る可能性が高いという点である。これは、火山灰は雪や雨とは異なり、自然に地中に浸透したり河川に流れることがないため、人手や特殊な清掃車で除去しない限りは、風が吹くたびに何度でも舞い上がり長期間残り続けるためである。さらに、地震による被害と同様に、停電や断水が発生する可能性をも考慮する必要がある。

4. 災害シナリオ・被災シナリオの設定とボトルネックの特定

(1) 災害シナリオの設定

次に、BCP 検討の前提となる桜島の噴火シミュレーションをモデルケースにした災害シナリオの例を示す。桜島では、文明（1471年）・安永（1779年）・大正（1914年）・昭和（1946年）等の過去の大きな噴火が知られている。ここでは「最悪のシナリオを想定する」という BCP の考え方にに基づき、現在も噴煙を上げている「昭和火口」において、日本国内での 20 世紀最大規模の噴火である「大正の噴火」と同程度の噴火が発生し、2～3 週間の間噴火による影響が続いた場合の、仮想の災害シナリオを表 2 のとおり作成した。

■表 2：桜島噴火による仮想災害シナリオの例

年月		シナリオの例
20XX 年	1 月 9 日	有感地震が多発。海底から湯水が噴出する等の現象が多発
	1 月 12 日	噴火開始（火口：西山腹の引ノ平、東山腹の鍋山上方） ・噴煙は桜島全体を覆い、高さは数千 m に達する ・爆発的な噴火が約 1 日半続く
	1 月 13 日	火砕流発生、溶岩が流出する 降灰は 1 月 23 日まで続き、西風に乗って広く厚く大隅半島を覆う
	1 月末	噴火活動は次第に収まり、小康状態へ 降灰による物流網や公共交通機関等の混乱も収まり、周辺地域は徐々に落ち着きを取り戻し始める

出典：中央防災会議「災害史に学ぶ」をもとに弊社作成

(2)被災シナリオの設定とボトルネックの特定

次に、前述した表 2 の災害シナリオにおいては、鹿児島県内の産業構成を考えると、農産物の収穫時期や風向き等の季節的な要因によって変動はあるものの、以下のような影響が考えられる。

- ✓ 全般：物流網の混乱により、製品・商品の出荷や原材料・部材の調達が不可能となる。
- ✓ 農業：大隅半島全体の田畑に火山灰が降り積もり、1年間収穫が出来なくなる可能性がある³。
- ✓ 畜産業（牛・豚・鶏等）：2cm以上の降灰がある牧草地では1年間牧場が使用できない可能性がある。
- ✓ 水産業：海中のサンゴやエビなどが一部死滅する被害が報告されており、生態系への影響・漁獲量の減少等が考えられる。
- ✓ 県内産出の原材料による食品加工業や酒類製造：上記の原材料が入手困難になり、生産停止となる可能性がある。

なお、ここでは、「噴石や火砕流等による自社拠点の壊滅的な被害はないものの、2～3週間程度の間、降灰の影響を受ける企業」を想定する。その上で、事業活動を継続する上で必要となる「人」、「もの」、「ライフライン」、「物流」、「サプライヤー」等のリソースについて被災シナリオを設定し、ボトルネックを表 3 のとおりまとめた。

■表 3：降灰の影響を受ける企業における被災シナリオとボトルネックの例（弊社作成）

リソース	被災シナリオ	ボトルネック
人	<ul style="list-style-type: none"> ・桜島周辺の市町村に住む従業員の家屋が火山灰の重みで倒壊し、重傷者が複数名発生する ・降灰の影響で公共交通機関がストップ。道路も清掃作業が済むまで通行止めとなり、徒歩で出勤できない全体の9割の従業員が、1週間自宅待機となる 	従業員の多くが1週間程度出勤できない
もの	<ul style="list-style-type: none"> ・簡易な構造の倉庫・店舗等については、火山灰の重みで屋根が崩落する等の被害が発生し継続使用ができない状況となる 	建物の継続使用が不可能
ライフライン	<ul style="list-style-type: none"> ・鹿児島県内全域で停電が発生し、各種設備やシステムが使用不可能になる。停電は3日間継続する 	停電により設備やシステム等が使用不可能
物流	<ul style="list-style-type: none"> ・火山灰が西風に乗って日本上空を覆い、全国の空港は1週間閉鎖。航空便により、製品・商品の出荷や原材料の入荷等ができない状況となる ・鹿児島県内の道路や鉄道は降灰の影響で使用できず、陸路での製品・商品の出荷や原材料の調達ができない状況となる 	物流網の混乱により、製品・商品の出荷や原材料・部材の調達が不可能
サプライヤー	<ul style="list-style-type: none"> ・サプライヤーも同時に被災し、自社が発注していた製品が納入不可能となる 	サプライヤーの事業中断により納入が停止

³ 畑作物は2cm以上、稲作は0.5mm以上の降灰によって1年間収穫ができなくなる可能性がある。出典：内閣府ほか「火山ハザードマップ作成指針」。

5. 企業としての対策の検討

(1) 事業継続戦略

次に、前述のボトルネックを解消するための事業継続戦略の検討例を示す。BCPの根幹をなす事業継続戦略には大きく分けて「早期復旧戦略」と「代替戦略」があり、企業においては現状のリソースを踏まえ、最適な戦略を事前に選定し、そのための対策を予め検討しておく必要がある。前述した桜島噴火のモデルケースのような火山災害を例に、戦略を検討する際のポイントを表4にまとめた。

■表4：早期復旧戦略と代替戦略検討のポイント（弊社作成）

リソース	早期復旧戦略	代替戦略
人	<ul style="list-style-type: none"> 限られた出社可能な従業員で何に対してどのように対応すべきか 復旧作業を行うための従業員の食糧や水等は確保可能か 	<ul style="list-style-type: none"> 代替に当たって、移動が必要なリソース（人・もの）は何か 従業員は代替先に移動可能か
もの	<ul style="list-style-type: none"> 被害を受けた建物の応急処置にどの程度の時間が必要か。業者は手配可能か 降灰の除去や清掃にどの程度の時間が必要か、また、除去や清掃に必要な資機材や物品は何か 	<ul style="list-style-type: none"> 代替先へのリソースの移動や設置にかかる時間はどの程度か システムの切り替えは必要か。必要であれば、その手続きにどの程度の時間がかかるのか
ライフライン	<ul style="list-style-type: none"> 停電に対してどのような対策や対応を実施すべきか 	<ul style="list-style-type: none"> 現状のリソースで降灰等の影響範囲外で重要事業や業務を代替することが可能か
物流	<ul style="list-style-type: none"> 原材料等を入荷できない、商品を出荷できない場合の対応（事前の在庫確保や代替品の手配）はどうするか 	<ul style="list-style-type: none"> 代替先にリソースを移動させる手段は何か。また、降灰によって物流網が機能していない状況で、そのリソースを確保できるか
サプライヤー	<ul style="list-style-type: none"> 被災したサプライヤーはどの程度で復旧可能か。代替調達先はあるか 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 取引先がBCPを発動した場合の納入ルート、取引先の代替戦略の把握等 	

なお、代替戦略に当たって、代替できる自社拠点が影響範囲外に無い場合は、県外など他の地域にある同業他社と連携することも一考の余地がある⁴。

(2) 事前対策と事後対応

選択した事業継続戦略（早期復旧戦略または代替戦略）を実行するためには、必要なリソースを事前に確保したり、具体的な対応策や実施手順を検討することが必要になる。これらは、個社の現状のリソースや対策状況を前提に、費用対効果を踏まえて実施していくことになるが、その中でも降灰リスク特有の対策として必要な物品や実施すべき対応を表5に例示した。なお、表5の対策とは別に、ハザードマップ等を参考にして、屋根の強度確認や補強をすでに実施している企業もある。

⁴ 神奈川県メッキ工業組合では災害時に相互に応援が可能な企業を登録し、災害時に企業間で委託加工を行う契約書を締結している。<http://www.city.yokohama.lg.jp/keizai/shien/seizou/bcp/otagaisama.html>

■表 5：降灰リスク特有の対策の例（弊社作成）

項目	対象	対策の例
降灰に備えて準備すべき物品	企業が準備するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・マスク（不織布製等） ・大きめのゴミ袋やラップ類 ※電子機器等を火山灰から保護するため ・ゴーグル等 ※火山灰の粒子により目が傷つくのを防ぐため ・清掃用具（ほうき、掃除機、ゴミ袋） ・食糧および水（最低 3 日分）※勤務時間中に噴火が発生した場合、移動が困難となり従業員が帰宅できなくなるうえ、物流網が機能しなくなって帰宅困難者のための食糧が不足する可能性が高い ・ランタン、懐中電灯 ※停電対応および降灰時は視界が極めて悪くなるため ・ストーブ、毛布等 ※停電に備え、冬の寒さ対策のため
	家庭で準備するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に上記と同じものを準備するように指導する
降灰時に実施すべき行動	企業の対応	<ul style="list-style-type: none"> ・灰を吸い込まないように、マスク等で口や鼻を覆う ・ゴーグル等で目を保護する。コンタクトレンズは角膜を傷つける恐れがあるため外す ・窓やその他の開口部に目張りをし、室内に火山灰が入らないようにする ・電子機器や精密機器には大きなゴミ袋やラップで覆い保護する ・クリーンルームのある工場等ではフィルターをこまめに交換する ・スリッパしやすいため、車の運転は控える ・エンジンオイルのフィルター等はこまめに交換する ・清掃時には水道のホース等で灰を少し湿らせてから作業する ※灰の飛散を抑制することができ、効率がよい。ただし、水を含ませ過ぎると重くなり、作業効率が落ちるため注意が必要 ・木造や簡易な構造の建屋（プレハブ等）については、降灰堆積厚が 30cm を超えないよう灰を除去する ※高所の降灰除去作業は危険を伴うため、自治体や専門業者等に依頼する ・デマに惑わされず、正確な情報の入手に努め、冷静に対処する
	家庭の対応	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的に上記と同様の対応を行うように指導する

対策の実効性を上げるためには、あらかじめ費用を見積もり、優先順位をつけて取り組むべきである。なお、災害発生後は上記で挙げた物品類は不足する可能性があるため、予め用意しておくことが重要である。

6. 予兆に応じた対応について

近年では、2000 年 4 月の有珠山の噴火時のように、観測技術の向上によって事前に噴火が予知され、住民が安全に避難できたケースもある。大規模噴火の予兆が確認できた時点から実際の噴火までの時間は、1 ヶ月程度ある場合もあれば、前述の有珠山噴火のように 2 日くらいの場合もあり、予測が難しい面もある。しかしながら、気象庁が発表する噴火警戒レベルや噴火警報・予報に合わせて、表 6 のように各企業がとるべき対応を予め決めておくことが肝要である。

■表 6：噴火警戒レベルと企業の行動の例

種別	名称	対象範囲	レベルとキーワード	火山活動の状況	住民等の行動	企業の行動の例
特別警報	噴火警報 (居住地域)	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	・危険な事業拠点からの避難 ・BCP の発動
			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	警戒が必要な居住地域での避難の準備、災害時要援護者の避難等が必要	・危険な事業拠点からの避難準備 ・BCP の発動準備
警報	噴火警報 (火口周辺)	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噴火が発生、あるいは発生すると予想される	通常的生活。状況に応じて災害時要援護者の避難準備等	予め定めた BCP の内容を再確認。軌道修正の必要性や具体的な実行手順について検討する
		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噴火が発生、あるいは発生すると予想される	通常的生活を継続	通常の事業活動を継続
予報	噴火予報	火口内等	レベル 1 平常	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みられる	通常的生活を継続	通常の事業活動を継続

出典：気象庁ホームページ（2014年12月1日現在）をもとに弊社作成

なお、レベル 4 の避難準備の段階では、生産活動の中断に備えた在庫の積み増し、リソースの移動のための搬送手段の手配、取引先やサプライヤーとの納品についての事前調整等の準備を進めておくことが必要となる。

7. 最後に

本稿では、桜島での噴火シミュレーションをモデルケースとして、降灰リスクに焦点を当てた BCP 策定のポイントについて解説した。今回の被災シナリオは、2～3 週間程度で噴火による影響が落ち着くことを想定しているものの、火山による噴火災害はさらに長期間に及ぶこともある。また、人やものが極度に集中した現代都市への影響は、専門家でも予測できていない部分が多い。したがって、各企業においては本稿で述べたような火山噴火に対する事業継続計画（BCP）等の検討を進める一方で、国や自治体あるいは自らが想定した被災シナリオに捉われ過ぎないように注意し、最悪の事態に柔軟な対応ができるように準備しておく必要がある。

本稿が、企業における火山噴火への対策の一助となれば幸いである。

[2014年12月12日]

東京海上日動リスクコンサルティング株式会社

ビジネスリスク事業部 ビジネスリスクグループ
〒100-0005 東京都千代田区丸の内 1-2-1 東京海上日動ビル新館 8 階
Tel.03-5288-6712 Fax.03-5288-6626