

富士山噴火降灰対策のポイント



株式会社竹中工務店
レジリエンスソリューション推進室長
杉内 章浩 氏

要旨

- 大量降灰による建物の被害リスクや対策の技術的蓄積は限定的である。少なくとも現状の整理が必要と考え、その全体像をまとめた。
- 最悪の場合、降灰時はインフラ・ライフライン供給が停止し、建物の設備も火山灰の影響で稼働ができず、建物は機能停止する。
- 降灰時に建物を一部でも稼働させるためには大規模な対策と降灰中のメンテナンス継続が必要である。
- 少なくとも、建物閉鎖を前提とした復旧期間低減対策と、未経験の災害であることを踏まえた教育・訓練は必要である。

1 喫緊の課題である降灰対策

日本は世界でも有数の火山大国であり、全国に1111の活火山が分布している。このうち富士山はその偏西風の風下に首都圏を抱えることから、大量の降灰を引き起こすような大規模噴火が発生した場合には社会活動に大きな影響を与える¹⁾。民間企業においても防災・事業継続の面で大きな課題である。

噴火は地震や水害と異なり現代の大都市が被害を被った経験が無く、技術的な蓄積が乏しい(表1)。特に事業活動の基盤である建物についてはリスク・対策に関する全体像と具体的な情報が不足している。地震に対する耐震技術の発展に長い期間がかかったように、降灰対策の充実化についてもある程度の期間を要することが予想される。

一方、企業にとってはたとえ情報が乏しくとも「今」検討を始める必要があり、ここに大きなギャップがある。このような課題

【表1】地震・水害・火山災害(噴火)の比較

	地震	水害	火山災害
予測	被害の様相	揺れ・液状化・津波・地震後火災	溶岩流、降灰、その他様々な現象(予測困難)
	被害の範囲	複数の都道府県～沿岸広域	市町村～複数の都道府県
	発生確率	概ね情報あり	情報は充実化の最中
	直前の予測	予知は困難(緊急地震速報はあり)	概ね可能(気象情報・警戒レベル)
	収束期間	余震が1週間程度	数日～1週間以上(広域水害)
経験(者)	多いので状況をイメージできる	近年増えている地域性が大きい	
予防(建物)	学術研究に基づいた基準類が充実している	基準類は少ないが対策技術は充実している	研究は途上 基準類は今後の課題
対応	地域・企業とも対応計画は充実	地域・企業とも対応計画は充実	地域の対応は充実中 企業は途上

認識から竹中工務店では「建物の降灰リスク・対策」の検討に着手し、その現時点での全体像を描き要点を導き出すを試みた²⁾。本稿ではその内容を紹介する。

2 降灰災害の特徴

降灰による地域・社会への影響については内閣府などから豊富な情報が発信されている¹⁾。ここでは民間企業の備えの視点からその要点をまとめて示す。

(1)災害としての降灰

噴火により起きる現象は降灰だけでなく溶岩流、噴石の落下、火砕流、などと様々である。富士山の次の噴火でこのうちの現象が発生するのか、さらにその発生確率、規模の事前評価は難しい³⁾。例として地震は地域別の発生確率情報があるのに対し、噴火は遭遇確率不明の災害である。

降灰災害の様相についてはハザードマップのモデルである「宝永噴火」が参考になる。この噴火では予兆現象の約2週間後に大噴火が発生し、その後約2週間降灰が続いたと推定

されている。もちろんこれは単に一例であり、突発的に発生する・降灰が長期間続くなどの可能性もある。

(2)火山灰の特性

火山灰には「灰」という文字が入っているが、実際には可燃物の燃えかすではなく細かい岩石の欠片である。砂やさらに細かい粒子に火山性の物質(硫化物等)が付着しているもの、という理解が分かりやすいと思われる。内閣府の資料に示された火山灰の特性¹⁾から想定される建物などへの影響を表2に示す。

(3)降灰による広域災害

このような火山灰の特性から、大規模降灰時は地域のインフラ・ライフラインの停止を引き起こす恐れが指摘されている。2025年3月に内閣府から発表されたガイドライン⁴⁾ではその影響が降灰量の大小で4段階のステージとして整理したものが示された(表3)。

またこのガイドラインでは住民・企業に求める行動指針が示された。具体的には降灰エリアの住民は在宅避難とし、企業は移動(出社・帰宅等)困難に備えることである。

【表2】火山灰の特徴

特性	建物などへの影響*
風に舞うような細粒分を含む	様々なすき間からの侵入、特に吸気(外気の取入れ)をする屋外機器は多量に侵入
水を含むと泥のようになる	歩行、車両通行の支障
乾くと固まる	雨水管などの詰まり
砂に近い重さ	構造物の破壊、人力撤去に大きな労力
水を含むと導電性がある	電気設備の短絡(ショート)
鋭利な形状をした粒である	駆動部の動作不良、損耗
1,000度程度の融点	内部が融点を超える機器(ガスタービン発電機など)の故障
火山性の物質(硫化物等)を含む	屋外の金属部は長期で放置すると腐食
(複合要因)	植栽の枯死

※発生「恐れ」がある確率的影響であることに注意

【表3】ステージ別のインフラ・ライフラインの状況

ステージ	1	2	3	4
	▲ 降灰微量	▲ 3cm	△ (閾値無し)	▲ 30cm
鉄道(地上)	×	×	×	×
鉄道(地下)	○	△	×	×
道路	○	×	×	×
航空	×	×	×	×
電力	△	△	×	×
通信	△	△	×	×
上水	○	○	×	×
下水	○	○	×	×

○	基本的には通常通り稼働
△	短期の停止、または条件により停止の可能性あり
×	ほぼ確実に停止、復旧に長期を要する

(出典:内閣府ガイドライン(R7)を基に竹中工務店作成)

(4)降灰常襲地域の状況

桜島から近い鹿児島市などでは日常的に降灰が発生しているが、大噴火時の想定と比べると微量であり、気象台記録⁵⁾によると1mm未満が多い。1g/m³はおおむね1,000分の1mmの降灰に相当する。一部の建物は空調機器へのフィルタやフードの設置(図1)、雨水側溝を広くし掃除をしやすくする等対策を行っているが、特別な対策のない建物・設備も多い。これらはいわば災害というよりは清掃の対策である。

↓フィルターが設置できる外気取り入れ口



↑空調機器のフィルター

↑空調機器のフード

【図1】桜島の降灰に備えた空調機器の対策の例 (竹中工務店調査資料)

3 建物の降灰被害リスクと対策

以上に示したような降灰災害の特徴から建物の被害の全体像を想定した(図2)。火山灰の影響は様々だが、特に深刻な

被害は図中に引き出して示した「屋根の安全」「屋外設備の停止」である。

以下の節ではリスクと対策を安全・建物機能継続・復旧容易化の三つの視点に分けて説明する。なお4章に「これからの火山灰対策建物」のイメージ(図2)を示したので適宜参照されたい。

(1)安全に関わるリスク・対策

①屋根の崩壊リスク

人命への影響として火山灰重量による屋根などの崩壊リスクを認識する必要がある。体育館・大規模倉庫のような建物でリスクが高い⁶⁾。

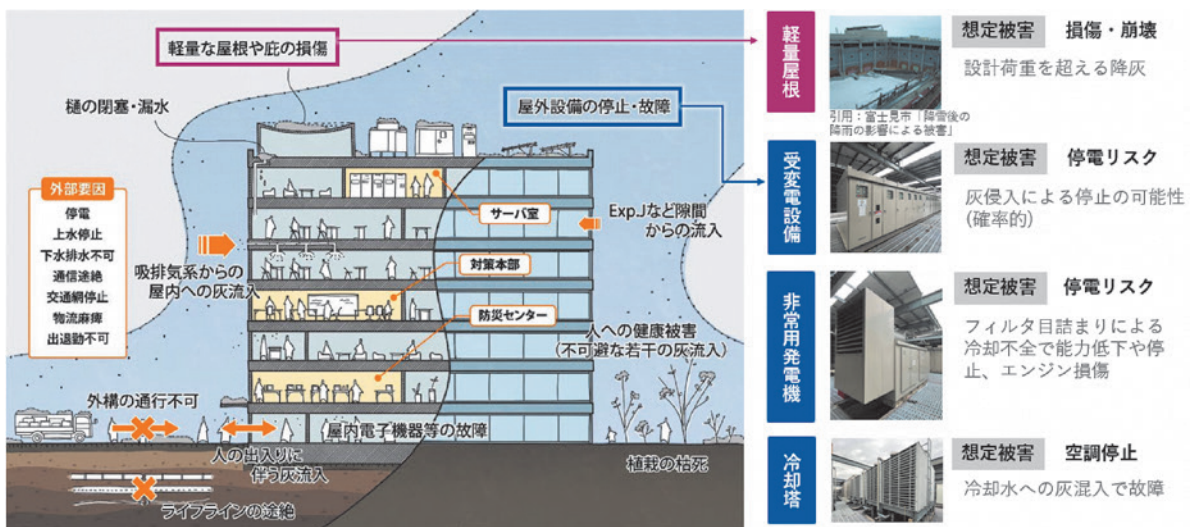
建物の設計基準の一つに積雪荷重があり、首都圏ではおおむね積雪30cmで設計されている。この荷重と同等の火山灰の厚さは約4cmである。ハザードマップから多くの建物で積雪荷重を超える力がかかることが分かる。実際には、多くの建物では積載物やその他の安全上の余裕があると考えられるが、その余裕度が少ないと想定されるのが体育館・大規模倉庫などである。具体的には屋根自体が鉄骨造など軽量で、スパン(支えとなる柱と柱の距離)が大きいという特徴がある。建物に大きなひさしがある場合も注意が必要である。

これら以外の建物でも、屋根の樋が火山灰で詰まり雨水がプールのように溜まり続けると荷重がさらに増大する恐れもある。

②屋根の崩壊に対する対策

まず崩壊リスクがある建物の把握と降灰時の立入禁止措置が必要である。詳細な計算による安全性検証は相応の検討期間が必要なため、保有建物が多い場合はまずは仕様ベースで区分けするのが現実的と思われる(屋根が鉄骨造など)。

補強は技術的には不可能ではないが、費用・期間・改修の影響範囲などの面から難易度は高い。極めて重要な設備がある



※Exp.J=エキスパンションジョイント

【図2】建物の降灰被害リスク

建物では選択肢となろう。また屋上に過剰に雨水が溜まらない対策として、後述の雨水管対策のようにストレナを設置するか、あるいはオーバーフロー管と呼ばれる水抜き穴の追加も選択肢となる。

(2)建物機能継続に関わるリスク・対策

①設備機器の停止リスク

建物内で業務を行うには設備機器（電気・空調・給排水等）の稼働が必要である。降灰時はライフライン供給が途絶する恐れがあるため、災害時用に用意された専用の設備（非常用発電機と燃料など）があること、かつそれらが降灰時に稼働できることが課題となる。

結論を先に述べると、前述の「日常の鹿児島市程度」の微量の降灰であれば問題なく稼働するが、大規模降灰では最悪の場合すべての設備機器に停止の恐れがある。停止の原因・リスクの大小については以下のように整理できる。リスクの定量化は今後の課題である。

【停止の原因】

- 火山灰の導電性により回路が短絡
- 火山灰が可動部（リレーや駆動部）に付着することによる動作不良
- 火山灰で熱交換器やフィルタが詰まることによる冷却不全
- 火山灰でフィルタが詰まることによる必要外気の不足

【リスクの大小の傾向】

- 屋外設備は降灰に直接晒されるため屋内設備より停止リスクが高い
- ファンなどで吸気を伴う設備（ファンで外気を取り入れる）はそうでない設備より停止リスクが高い

以下、全ライフライン供給途絶時を想定し、機器別にリスクを整理する。

a) 受変電設備

設備の一部は発熱対策として外気などをファンで取り入れて冷却している。このため火山灰の内部混入、もしくは冷却不全の恐れがある。受変電設備は建物機能の根幹であり、「地域が停電していないのに自社ビルが停電する」というリスクもある。

b) 非常用発電設備

近年、災害による停電に備えて、執務エリアにある程度の電力供給ができる建物が増えている。代表的な設備はディーゼル発電機など内燃機関を利用した非常用発電機である。したがって燃焼のための給気・冷却不全による停止の恐れがある。ガスタービン方式の発電機では内部の温度が火山灰の融点を超える可能性があり故障リスクがさらに高い。また停止リスク以外に、多くの建物には長期間稼働する

燃料備蓄が無いこともリスクとして挙げられる。地震・水害による停電時には動くはずの発電機が降灰では動かない、つまりこれまでの建物の災害対応のシナリオが通用しないという点が大きな課題である。

c) 空調設備

停電時は当然稼働できない。空調機能のうち冷暖房については冷却・燃焼などのため外気を必要とする。その部分（例えば冷却塔や室外機のフィン）の詰まりなどにより冷暖房が出来なくなる。換気（新鮮外気の取り入れ）については外気導入経路にフィルタが設置されており、一般的な仕様のものであれば火山灰はここで捕捉される。このフィルタが短時間で詰まり換気ができなくなると、屋内の適切な空気質を確保できなくなる恐れがある。

d) 非常用の給水・排水（污水）設備

停電時も稼働できる方式の場合は利用できる。リスクの程度は不明であるが、高架水槽などは外気に通じる通気口をもっており、火山灰が若干混入する可能性はある。トイレの利用は当然ながら洗浄水供給とセットである。

e) 雨水排水設備

屋根や外構の雨水が火山灰とともに雨水管に大量に入り、雨水管を詰まらせる恐れがある。短期間であれば建物を使用するうえでは受容しうるが、屋内の雨水管から漏水が発生し、その二次的な被害として重要な機器の故障などにつながる可能性は否定できない。

f) 通信設備

リスクの程度は不明であるが、屋外のアンテナ等は火山灰の付着により機能に影響がでる可能性がある。

g) 屋内の機器

外気導入経路にフィルタがあっても、人の出入りに伴い火山灰が混入する可能性がある。精密機器、クリーン環境では注意を要する。

②設備機器の稼働継続対策

建物稼働の継続のためには①電気・空調設備a)～c)の対策が必要である。以下に概要を示すが、現時点において建築分野で標準的といえるものはなく、対策は容易ではない。

【対策の基本】

- 吸気を伴う設備は火山灰を捕捉するフィルタを設置する
- 吸気が無くとも火山灰暴露の恐れのある回路等がある場合は目張りをする
- フィルタは一般的な空調フィルタのほか、鹿児島市周辺の清掃対策で利用されている火山灰向けの製品も選択肢となる。再利用できるフィルタ（前頁図1左下）のほか循環自己洗浄式の製品もある。フィルタ対策には以下の留意点がある
- フィルタと火山灰によって吸気の圧力損失が増加する。これに対応するには十分に大きな面積のフィルタとファンの強化が必要になる。設備によってはかなり大掛かりな改修となる

- フィルタは条件によっては極めて短時間で詰まる恐れもある。降灰の期間中フィルタ交換などのメンテナンスを続ける必要がある
- 重要な機器をまとめて屋内設置とし吸気箇所を限定すると合理的なフィルタ対策となる。ただし機械室が増える分、建物の執務スペースなどの余裕が減る可能性がある
- 発電所などでは上記の留意点を踏まえた対策が検討・実施されており、一般建物でも重要施設では同様の対策が検討対象となる。一方多くの建物ではこのような対策は容易ではないため、以下についても選択肢となる
- 少量の降灰までと割り切った簡便な対策とする
- 建物設備停止リスクを受容し、降灰前に建物を閉鎖する、または残留要員をごく少数に限り、可搬型蓄電池などの備品で通信・生活などの活動に対応する。特殊な例では、①g) 屋内の機器の対策として、人の出入りをしない、または更衣・清掃の徹底が挙げられる

(3) 復旧容易化に関わるリスク・対策

① 建物機能回復の長期化リスク

降灰時に建物を部分稼働するにせよ閉鎖するにせよ、停止した設備等への降灰を放置すると降灰終了後に建物復旧まで長期間を要する恐れがある。以下対象別にリスクの程度を記す。

a) 屋外の設備機器

再稼働のためには機器内部の清掃が済み、周囲に火山灰が飛散していない状態にする必要がある。上向き開口の大きい空調機器、冷却塔や水槽など開放液面がある設備は清掃手間が多くなる。降灰中に無理に稼働させて故障した場合、修理・再調達となった場合は復旧に長期間を要する恐れがある。専門会社による対応が必要であり建物機能の根幹であることから特に注意が必要である。

b) 外気導入部のフィルタ

降灰後に空調を再稼働させると、吸気部周辺に残留した火山灰によりフィルタが短期間で詰まる恐れがある。フィルタの再調達となると復旧が長期化する。降灰後は地域全体として火山灰が飛散する恐れがあるがその影響は未知数である。

c) 雨水管

火山灰が配管の横引き部分や雨水貯留槽内に大量に詰まる・溜まると撤去に手間がかかる。また(1)安全の項目で述べたように雨水管閉塞で屋上に雨水が溜った状態になるとその排水でさらに手間を要する。程度によっては復旧作業しながらの建物再稼働も可能と思われる。

d) 屋根や外構に溜まった火山灰

火山灰の保管と処理は事業者が実施となっている。外構の火山灰については、工場・物流施設では構内道路の啓開に手間を要するが、建設会社等への作業依頼が集中し工期がかかる恐れがある。その他の多くの施設では、処分までの

保管管理の手間は要するが保管しながらの建物再稼働は可能と思われる。

屋上に設備機器がある場合、再稼働前に屋上の火山灰を撤去または飛散リスクが少ない状態にする必要がある。

e) 屋内機器

建物が密閉されていない、降灰中に人が出入りする、空調が停止しエアバランスが崩れ排気側から外気が入る、などの理由により若干の火山灰流入による故障リスクがある。

② 早期回復のための事前の対策

最も影響度の大きい設備復旧の対策として、設備を稼働停止した際に内部へ火山灰が入らないようカバーをかけることが考えられる。設備機器は多数あり、かつ降灰前は準備期間・人員ともに限られる恐れがあることから事前にその優先順位を決めておくことが効果的である。

その他個別の対策を挙げる。

- 外気導入部は空調稼働前に清掃しフィルタへの火山灰付着を最小限にする。当面地域全体で火山灰が飛散することまで考えると、交換フィルタの事前備蓄または火山灰専用フィルタの導入も選択肢となる
- 雨水管流入対策としてルーフトレンを塞ぐか土手を作る。専用のストレーナも製品化されている。屋上のプール化が課題になる場合はオーバーフロー管(水抜き穴)の設置も選択肢となる
- 構内・屋上の火山灰は最小限の散水で飛散を防止する。撤去は重要設備機器周辺を優先とする
- 屋内の事業継続上重要な部屋には降灰中は立ち入らず、精密機器は個別にカバーするのが望ましい。クリーン環境がある場合、建物閉鎖時は排気側にダンパーがあれば閉めておく

4 | これからの建物の降灰対策

以上のように降灰時に建物を通常通り稼働させるにはまだ多くの課題がある。対策のあり方は業種・立地・そのほかその企業特有の条件によると思われるが、大まかに以下のパターンの方針が想定される。

- ① 最大限の対策を導入し可能な限りの機能継続を目指す(例: 地域を支えるインフラ施設)
- ② 合理的に実施可能な最小限の対策とし、機能を限定して継続する(例: 一部に重要機能室がある建物)
- ③ 特別な対策は行わず、短期復旧を優先して大規模降灰前に建物をほぼ閉鎖とする(故障をいわず限界まで対策無しで稼働させるケースも考えられる)

建物の災害対策の目標について地震を例にすると、「500年に

1度発生する地震に対し倒壊を防止する」のように発生確率と性能レベルの組み合わせで設定されている。降灰についても発生確率が今後明らかになれば適切な対策レベル感が共通認識として形成されると予想される。前記②に相当する降灰対策建物のイメージを図3に示す。また企業の降灰対策が進んだとして、地域で想定される状況のイメージを図4に示す。内閣府ガイドライン⁶⁾に示される企業・住民の対応を行うためにも保有建物のリスクを把握し対策を検討することが必要である。

5 企業がいま備えるべきこと

これまでに述べた建物のリスク・対策の状況を踏まえ、企業がいまできることを最後にまとめる。

①BCP・防災計画の見直し

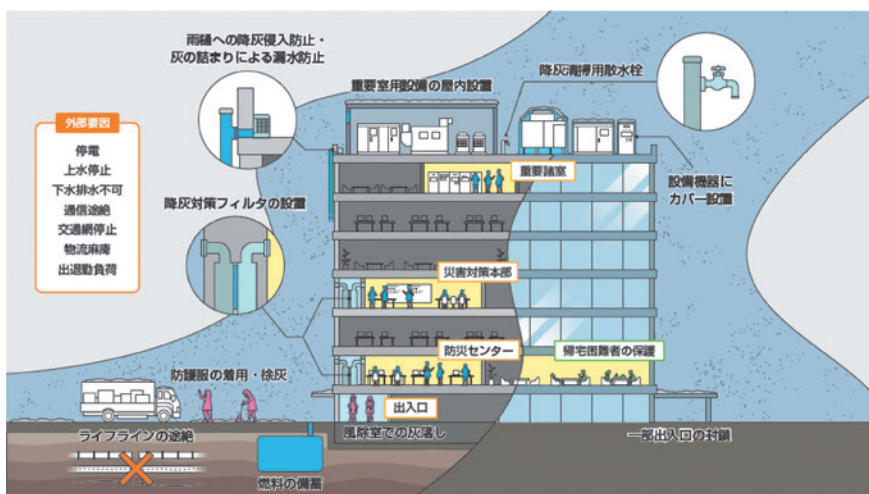
被害の規模が地震・水害などを超える可能性があること、タイムラインまたは危機レベル別の対応が必要なこと、予兆無し突発噴火の対応方針、がポイントと考えられる。

②自社拠点群の状況把握の方法

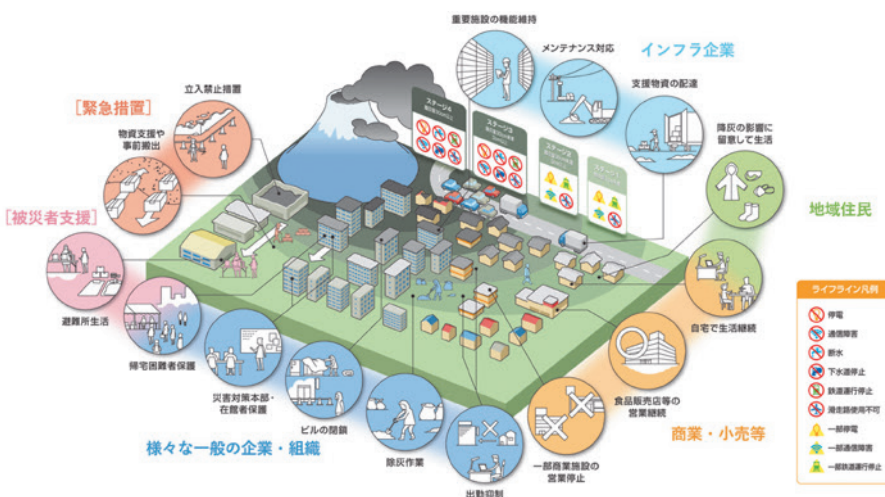
地域ごとに刻々と変わる被害状況を対策本部で把握する方法の整理。近年充実化してきた地図情報システム(GIS)の活用も候補となる(次頁図5)。整理した内容は⑤啓発・訓練・演習でも活用できる。

③建物のリスク把握とアクションリスト

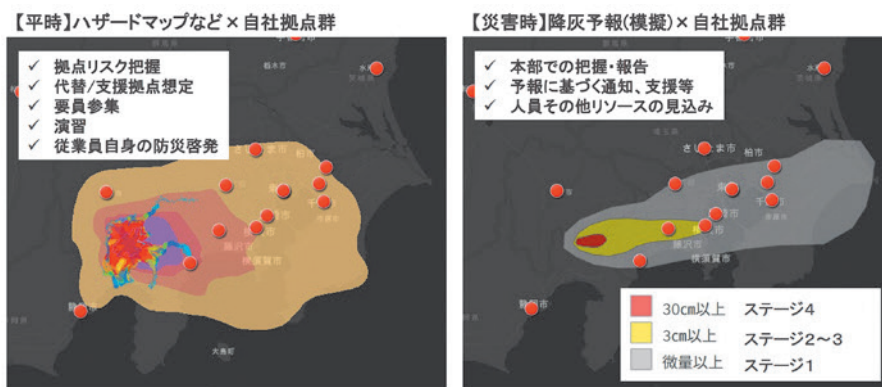
本稿などを参考に降灰の影響、特に事業継続上の重要業務への影響を把握する。最低限のアクションリストとして「立入禁止建物・箇所(がある場合)明示」「カバー等をする設備機器の



【図3】限定稼働を目指す建物のイメージ図



【図4】大規模降灰エリアで想定される企業等の活動



【図5】竹中工務店のGISプラットフォームでの検討例

リスト(優先度も設定)」「雨水管の対策箇所の明示」の三つをお勧めする。これらは噴火直前に対応が必要だが検討時間が無いからである。平面図形式が見やすいが、実施事項がわかりさえすれば形式は自由である。

④ 備蓄・備品の整備

自社の要員が降灰時または降灰終了後の火山灰が舞っている時期に作業をする可能性がある。粉塵作業に必要なゴーグル・粉塵マスク・肌の露出を抑える衣類などの個人防護具の準備が推奨される。さらなる対策としては非常用発電機の停止に備えオフィス用蓄電池の導入、長期の屋内避難に備えた備蓄品の増強または融通の計画、などが考えられる。

⑤ 啓発・教育・演習

繰り返しとなるが、大規模降灰は現代の大都市が未経験の災害であることが地震・水害と異なる。これを補うため、計画書やハードだけでなく事業継続対応の担い手となる要員の方々が自分事として考える機会が必要と思われる。例として、竹中工務店では啓発のために火山灰体験を取り入れた勉強会を実施した(図6)。啓発・教育・演習についてはすぐにでも着手できることであり、特にお勧めする。



【図6】社員啓発の例

以上、限られた情報ではあるが、企業・組織の事業継続のかなめの一つである建物についてリスク・対策の考え方をまとめ、おすめの準備事項を示した。この分野はいままさに検討、研究が進行中であるので、今後も定期的な情報収集をお勧めする。本稿に参考になる点があれば幸いである。

以上

(出典記載のないものは竹中工務店作成)

参考文献・資料等

- 1) 内閣府ウェブサイト「首都圏における広域降灰対策検討会」における各種発表資料、<<https://www.bousai.go.jp/kazan/shutokenkouhai/index.html>>(最終アクセス2026年2月12日)
- 2) 牟田恵美ほか、「富士山噴火による建築物の降灰リスクに関する評価」、竹中技術研究報告No.81、2025年
- 3) 静岡県、富士山火山避難基本計画、2023年3月<<https://www.pref.shizuoka.jp/bosaikinkyu/sonae/kazanfunka/fujisankazan/1053271.html>>(最終アクセス2026年2月12日)
- 4) 内閣府、「首都圏における広域降灰対策ガイドライン」、2025年3月28日、<<https://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/index.html>>(最終アクセス2026年2月12日)
- 5) 鹿児島県地方気象台における月別降灰量(g/m²)<https://www.jma-net.go.jp/kagoshima/vol/data/skr_ash_vol.html>(最終アクセス2026年2月12日)
- 6) 荻野和臣ほか、「富士山噴火による降灰が荷重として建築物に与える影響」、日本建築学会学術講演梗概集、2015年9月