

大規模噴火時の広域降灰対策について

—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)

令和2年4月

中央防災会議 防災対策実行会議

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ

目次

1.	はじめに	3
2.	想定するケース（どのような降灰が発生するのか）	6
	（1）降灰のシミュレーションと降灰分布	6
3.	降灰による影響（どのような影響が生じるのか）	9
	（1）各分野で生じる影響の閾値	9
	（2）各ケースにおける影響の閾値の範囲	15
4.	対策の検討の前提とする輸送手段の利用可能性	22
	（1）降灰除去による道路状況の想定	22
	（2）利用可能性のある交通手段	23
5.	火山灰の処理	24
	（1）処理が必要な火山灰量	24
	（2）過去の火山灰の処理方法	24
6.	住民等の行動の基本的な考え方	25
	（1）住民等の行動の基本的な考え方	25
7.	対策の検討に当たっての留意事項	27
	（1）今後の検討の進め方	27
	（2）対策の検討に当たっての留意事項	29
8.	おわりに	33

<主な影響>

- ・ 鉄道：微量の降灰で地上路線の運行が停止する。大部分が地下の路線でも、地上路線の運行停止による需要増加や、車両・作業員の不足等により運行停止や輸送力低下が発生する。また、停電エリアでは地上路線、地下路線ともに運行が停止する。
- ・ 道路：乾燥時 10cm 以上、降雨時 3cm 以上の降灰で二輪駆動車が通行不能となる。当該値未満でも、視界不良による安全通行困難、道路上の火山灰や、鉄道停止に伴う交通量増等による、速度低下や渋滞が発生する。
- ・ 物資：一時滞留者や人口の多い地域では、少量の降灰でも買い占め等により、店舗の食料、飲料水等の売り切れが生じる。道路の交通支障が生じると、物資の配送困難、店舗等の営業困難により生活物資が入手困難となる。
- ・ 人の移動：鉄道の運行停止とそれに伴う周辺道路の渋滞による一時滞留者の発生、帰宅・出勤等の移動困難が生じる。さらに、道路交通に支障が生じると、移動手段が徒歩に制限される。また、空路、海路の移動についても制限が生じる。
- ・ 電力：降雨時 0.3cm 以上で碍子^{がいし}の絶縁低下による停電が発生する。数 cm 以上で火力発電所の吸気フィルタの交換頻度の増加等による発電量の低下が生じる。電力供給量の低下が著しく、需要の抑制や電力融通等の対応でも必要な供給力が確保しきれない場合は停電に至る。
- ・ 通信：噴火直後には利用者増による電話の輻輳が生じる。降雨時に、基地局等の通信アンテナへ火山灰が付着すると通信が阻害される。停

² 鉄塔や電柱で電線等を支持するとともに、鉄塔や電柱と電線等との間の絶縁性を保つ器具。

電工エリアの基地局等で非常用発電設備の燃料切れが生じると通信障害が発生する。

- ・ 上水道：原水の水質が悪化し、浄水施設の処理能力を超えることで、水道水が飲用に適さなくなる、または断水となる。停電エリアでは、浄水場及び配水施設等が運転停止し、断水が発生する。
- ・ 下水道：降雨時、下水管路（雨水）の閉塞により、閉塞上流から雨水があふれる。停電エリアの処理施設・ポンプで非常用発電設備の燃料切れが生じると下水道の使用が制限される。
- ・ 建物：降雨時 30cm 以上の堆積厚で木造家屋が火山灰の重みで倒壊するものが発生する。体育館等の大スパン・緩勾配屋根の大型建物は、積雪荷重を超えるような降灰重量がかかると損壊するものが発生する。5cm 以上の堆積厚で空調設備の室外機に不具合が生じる。
- ・ 健康被害：降灰による健康被害としては目・鼻・のど・気管支等に異常を生じることがある。呼吸器疾患や心疾患のある人々は症状が増悪するなどの影響を受ける可能性が高い。

表1 降灰による影響の一覧

※図1で主な影響として取り上げた影響を着色

		想定される影響	閾値	付加条件	
直接被害	資産被害	家屋等被害	荷重による木造家屋の倒壊	降雨時30-45cm、降雨なし45-60cm	
			支点間の長い大型建物のたわみ・損壊	地域の積雪荷重を超える降灰の厚さ	耐久力上余裕のない建物
		公共土木施設等被害	降灰後の土石流による家屋の損壊・流出	降雨時、1cm以上で発生可能性、10cm以上で被害大。	
		農林水産物被害	農作物の商品価値の低下	葉物野菜・果実類等微量、その他野菜等1.5cm以上、稲0.05cm以上	非作付け時期、被覆施設のある農地は除外
			農作物の収穫不能	野菜等10cm以上、稲15cm以上、果実類20cm以上	
			森林の幹の折損、生育不良や枯死	降雨時10cm以上	
			牧草の生育不良	2cm以上	
			漁獲量の低下	(定性)	
		人的被害	家屋の倒壊・流出による死傷	(定性)	
			健康被害 (目・鼻・咽頭の腫れおよび呼吸器系疾患・心疾患患者の症状の悪化等)	(定性)	
間接被害	交通支障の影響	道路	車線等の視認障害による速度低下	0.1cm以上	
			視界不良による通行不能・速度低下	通行不能 視程30m以下 速度低下 視程60m以下	
			火山灰の再移動による視界不良による速度低下	1cm以上	
			タイヤ接地面の摩擦の低下による通行不能・速度低下	2輪駆動車通行不能 降雨時3cm以上、降雨なし10cm以上 速度低下 20km/h 降雨なし2cm以上 10km/h 降雨時0.5cm以上 降雨なし5cm以上	
			タイヤのスタック・スリップ事故等による滞留車両の発生	(定性)	
			交通量の多い道路での速度低下に伴う渋滞	(定性)	
			鉄道・航空交通の停止による需要の増加	(定性)	
			スリップ等の発生により安全運行が確保できない道路で通行禁止または制限	(定性)	
			緊急交通路として指定された路線では一般車両の通行禁止	(定性)	
			道路の低くなっている箇所へ火山灰が堆積することによる通行困難区間の拡大	(定性)	降雨時
		小さな噴石の降下による車両のガラスの破損	(定性)		
	鉄道	車輪やレールの連電不良による車両位置検出・踏切動作不良	0.05cm以上 (初回は微量で運行停止)	地上を運行する新幹線・在来線等	
		視界不良による速度低下・運行停止	視程50m以下	地上を運行する新幹線・在来線等	
		ポイントの動作不良	0.05cm以上	地上を運行する新幹線・在来線等	
		レールの埋没	15cm以上	地上を運行する新幹線・在来線等	
	航空	停電・電力供給不安定による運行不能	降雨時0.3cm以上等停電時	停電エリアのすべての路線	
		需要の増加や車両・作業員不足による運行停止・輸送力低下	(定性)	大部分が地下区間の路線、降灰の影響のない区間	
		車両検査不能に伴う使用可能車両の減少による運送力の変化・輸送力低下	(定性)	折り返し運転が長期間に及ぶ場合	
		除灰作業等が行われるまでの間滑走路の使用不可	0.04~0.2cm以上	専用のフィルターを装着したヘリコプター等除く	
	船舶	航空機による火山灰が存在する空域の迂回・到着空港の変更	(定性)		
大規模迂回が必要となった場合の運航可能機数制限		(定性)			
鉄道や道路等の二次交通の使用不可に伴うターミナル混雑等による欠航		(定性)			
東京湾の特定の航路における視界不良による航路外待機		降灰中	巨大船、危険物積載船等の特定の船舶		
ライフラインの停止の影響	電力	冷却水管の目詰まり	(定性)	多孔質の火山灰が湖面に浮かんでいる場合	
		エンジンフィルタの目詰まり・可動部分の摩耗	(定性)		
		停電による港湾の荷役機械使用不可	降雨時0.3cm以上		
		母線の絶縁低下による停電	降雨時0.3cm以上	火山灰の範囲、堰塞対策済みエリア、地下・屋内施設等除外	
		倒木による送配電線の切断による停電	降雨時10cm以上 (幹折れ多数)	火山灰の範囲除外	
		タービンの摩耗 (水力発電所)	(定性)		
		吸気フィルターの寿命化・交換頻度増による火力発電所の供給力の低下	降灰中、6cm以上で停止		
		太陽光発電パネルへの降灰による発電量の減少	0.03cm以上		
		道路の通行不能による復旧現場への到達不能	降雨時3cm以上、降雨なし10cm以上		
		空調設備の不具合による機器の動作異常	(定性)		
下水道	燃料不足による火力発電所の停止	(定性)	長期間海上輸送が困難になった場合		
	必要な供給力を確保しきれない場合の停電	(定性)	デンドレスボスによる需要の抑制、エリア間の電力融通等の対策行っても供給力が確保できない場合		
	火山灰の侵入によるガスタービン式非常用発電設備の不具合、メンテナンス頻度増によるディーゼル式非常用発電設備の出力低下	(定性)			
	濁度の増加	緩速ろ過式の浄水場0.2cm以上	覆蓋等により浄水過程に直接降灰がない浄水場を除外		
通信	水道	ろ過槽等浄水施設の機能低下	緩速ろ過式の浄水場1cm以上	覆蓋等により浄水過程に直接降灰がない浄水場を除外	
		pHの低下、元素の溶出等による原水の水質の悪化による飲用不適	(定性)		
		停電による運転停止	降雨時0.3cm以上等停電時	予備電源の燃料が枯渇した場合	
		薬剤等の不足による機能低下	(定性)	道路の通行不能が継続した場合	
		下水管路 (雨水) の閉塞により、閉塞上流から雨水があふれる	降雨時0.3cm以上等停電時	予備電源の燃料が枯渇した場合	
		薬剤等の不足による下水処理施設の機能低下	(定性)	降雨時	
				道路の通行不能が継続した場合	
波及被害	生活への波及影響	買い占め等による食料・水等の店舗在庫の売り切れ	0.1cm以上 (道路輸送力低下)	一時滞留者や人口の多い地域では微量	
		交通支障による物資の入手困難	降雨時3cm以上、降雨なし10cm以上		
		医療・福祉施設の機能低下	交通・ライフラインの支障地域		
		交通支障による大量の滞留者の発生	微量	首都圏等鉄道への依存度が高い地域	
経済への波及影響	経済への波及影響	空調設備の不具合	5cm以上	屋外使用時	
		家電製品・情報機器の不具合	(定性)		
		人員の確保不能、顧客の移動不能による営業停止、事業の縮小	交通・ライフラインの支障地域		
		サプライチェーンの寸断に伴う操業停止	交通・ライフラインの支障地域		
精神的被害	その他	火山灰の影響による精神的打撃	(定性)		
		火山灰の放置き場所・処分場の不足等	(定性)		

【留意事項】

過去の火山噴火における被害状況や、類似の災害事例の状況、実績結果などを基に、多くの仮定を置いて上で整理したものであり (詳細は別添資料2参照)、施設・設備の状況や実施される対策により、閾値は変動する。対策の検討のため、発生しうる影響を推し量る目安であることに留意。

項目	火山灰の堆積厚					
	微量	0.3cm～	3cm～	10cm～	30cm～	45cm～
交通	鉄道	<ul style="list-style-type: none"> ・地上路線の運行停止 ・大部分が地下の路線でも、地上路線の運行停止による需要増加や、車両・作業員の不足等により運行停止や輸送力低下が発生 				
	道路	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道の運行停止による需要増加等により、交通量が多い道路で渋滞の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・路上の火山灰による速度低下、渋滞の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ・二輪駆動車の通行不能 		<ul style="list-style-type: none"> ・四輪駆動車の通行不能 (履帯車等の特殊車両は可能)
波及影響	物資	<ul style="list-style-type: none"> ・一時滞留者や、人口の多い地域では、買い占め等により、食料、飲料水等の店舗での在庫の売り切れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路の輸送力の低下により物流が滞り、食料、飲料水等の店舗での在庫の売り切れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・トラック等の二輪駆動車の通行不能による物資の配送困難、店舗等の営業困難による、生活物資の入手困難 ・物流寸断に伴う事業所等の休業停止 		
	人の移動	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道の運行停止とそれに伴う周辺道路の渋滞による、一時滞留者の発生。帰宅・出勤等の移動困難 	<ul style="list-style-type: none"> ・路上の火山灰で道路が渋滞し、車での移動に著しく時間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> ・自家用車が使えなくなり、移動手段が徒歩に制限される 		
項目	火山灰の堆積厚					
	微量	0.3cm～	3cm～	10cm～	30cm～	45cm～
電力				<ul style="list-style-type: none"> ・火力発電所は、吸気フィルターの交換頻度の増加により発電量が低下する 		
通信	<ul style="list-style-type: none"> ・噴火直後大量のアクセスにより電話がつながりにくくなる 	<ul style="list-style-type: none"> ・基地局の空調設備に不具合が生じると、機体が正常に動作しなくなり、通信障害が生じる 				
上水道	<ul style="list-style-type: none"> 【堆積厚によらない影響】 ・火山灰が原水に混ざり水質が悪化し、浄水施設の処理能力を超えることで、水道水が飲用に適さなくなる、または断水する可能性がある。 ・水需要が増加することにより水不足が生じる可能性がある。 					
下水道	<ul style="list-style-type: none"> 【堆積厚によらない影響】 ・沈殿池の堆積、ろ過材の目詰まり等により、下水処理場の処理能力が低下・機能不全となって、下水道の使用が制限される可能性がある。 					
建物				<ul style="list-style-type: none"> ・体育館等、長スパン建物の潰壊（遊戯所・滞在施設としての使用不可） 	<ul style="list-style-type: none"> ・木造家屋の倒壊 	

太字：火山灰の直接影響
細斜字：他の影響からの波及影響

図 1 - 1 大規模噴火時の降灰による主な影響の閾値【降雨なし・停電なし】

項目	火山灰の堆積厚						
	微量	0.3cm～	3cm～	10cm～	30cm～	45cm～	
交通	鉄道	<ul style="list-style-type: none"> 地上路線の運行停止 大部分が地下の路線でも、地上路線の運行停止による需要増加や、車両・作業員の不足等により運行停止や輸送力低下が発生 <p>【堆積厚によらない影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 折り返し運転が長期間に及ぶと、必要な車両検査ができず使用可能な車両が減少し、輸送力が低下。 <p>【停電による影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 地上路線、地下路線ともに、電力供給が不安定になると運行不能。 					
	道路	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道の運行停止による需要増加等により、交通量が多い道路で渋滞の発生 	<ul style="list-style-type: none"> 路上の火山灰による速度低下、渋滞の発生 <p>【堆積厚によらない影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 視界低下による安全運行困難 スリップ等安全な通行が確保できない道路では道路の通行の禁止又は制限 <p>【停電による影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 信号機の不点灯、道路照明の消灯による、さらなる速度低下 	<ul style="list-style-type: none"> 二輪駆動車の通行不能 	<ul style="list-style-type: none"> 四輪駆動車の通行不能（履帯車等の特殊車両は可能） 		
波及影響	物資	<ul style="list-style-type: none"> 一時滞留者や、人口の多い地域では、買い占め等により、食料、飲料水等の店舗での在庫の売り切れ 	<ul style="list-style-type: none"> 道路の輸送力の低下により物流が滞り、食料、飲料水等の店舗での在庫の売り切れ 	<ul style="list-style-type: none"> トラック等の二輪駆動車の通行不能による物資の配達困難、店舗等の営業困難による、生活物資の入手困難 物流寸断に伴う事業所等の休業停止 			
	人の移動	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道の運行停止とそれに伴う周辺道路の渋滞による、一時滞留者の発生。帰宅・出勤等の移動困難 	<ul style="list-style-type: none"> 路上の火山灰で道路が渋滞し、車での移動に著しく時間がかかる 	<ul style="list-style-type: none"> 自家用車が使えなくなり、移動手段が徒歩に制限される 			

項目	火山灰の堆積厚					
	微量	0.3cm～	3cm～	10cm～	30cm～	45cm～
ライフライン	電力	<ul style="list-style-type: none"> 降雨による導線の絶縁低下により停電 <p>【堆積厚によらない影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 視程の低下により長時間海上輸送が困難となった場合、火力発電所の燃料が枯渇する。 火力発電所が停止するなどして供給量が大幅に低下し、需要抑制や電力融通等の対応でも必要な供給力が確保しきれない場合停電に至る。 				
	通信	<ul style="list-style-type: none"> 噴火直後、大量のアクセスにより電話が繋がりにくくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 携帯電話のアンテナへの火山灰付着により通信障害が生じる <p>【停電による影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 情報通信施設等の機能停止。通信支障。 携帯電話では、非常用発電設備の燃料切れが生じた基地局で停電。 固定電話の使用不能（商用電源を使わない電話機では可）。 	<ul style="list-style-type: none"> 火力発電所は、吸気フィルターの交換頻度の増加により発電量が低下する 樹木による電線の切断により停電が発生 		
建物	上水道	<p>【堆積厚によらない影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 火山灰が原水に混ざり水質が悪化し、浄水施設の処理能力を超えることで、水道水が飲用に適さなくなる、または断水する可能性がある。 水需要が増加することにより水不足が生じる可能性がある。 堆積していた火山灰が雨水と共に原水に流入し、沈殿池や沈砂池等に堆積することによる浄水施設の処理能力の低下。 <p>【停電による影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 停電エリアでは、浄水場及び配水施設（ポンプ）等が運転停止するとともに、非常用発電設備を有する施設においても燃料切れが生じれば運転が停止し断水が発生する 				
	下水道	<p>【堆積厚によらない影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 沈殿池の堆積、ろ過材の目詰まり等により、下水処理場の処理能力が低下・機能不全となって、下水道の使用が制限される可能性がある。 下水管詰（雨水）の閉塞により、閉塞上流から雨水があふれる。 <p>【停電による影響】</p> <ul style="list-style-type: none"> 停電エリアで非常用発電設備の燃料切れとなる処理施設・ポンプが発生。下水道の使用が制限される。 				
建物				<ul style="list-style-type: none"> 土石流の発生の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 体育館等、長スパン建物の損壊（避難所・滞在施設としての使用不可） 	<ul style="list-style-type: none"> 木造家屋の倒壊

太字：火山灰の直接影響
 細斜字：他の影響からの波及影響
 赤字：降雨・停電により追加・悪化した影響

図1-2 大規模噴火時の降灰による主な影響の閾値【降雨あり・停電あり】

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について - 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）、令和2年4月より抜粋
 注）下水道に関する事項を赤枠で示す

大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 【参考資料】

火山灰の特徴

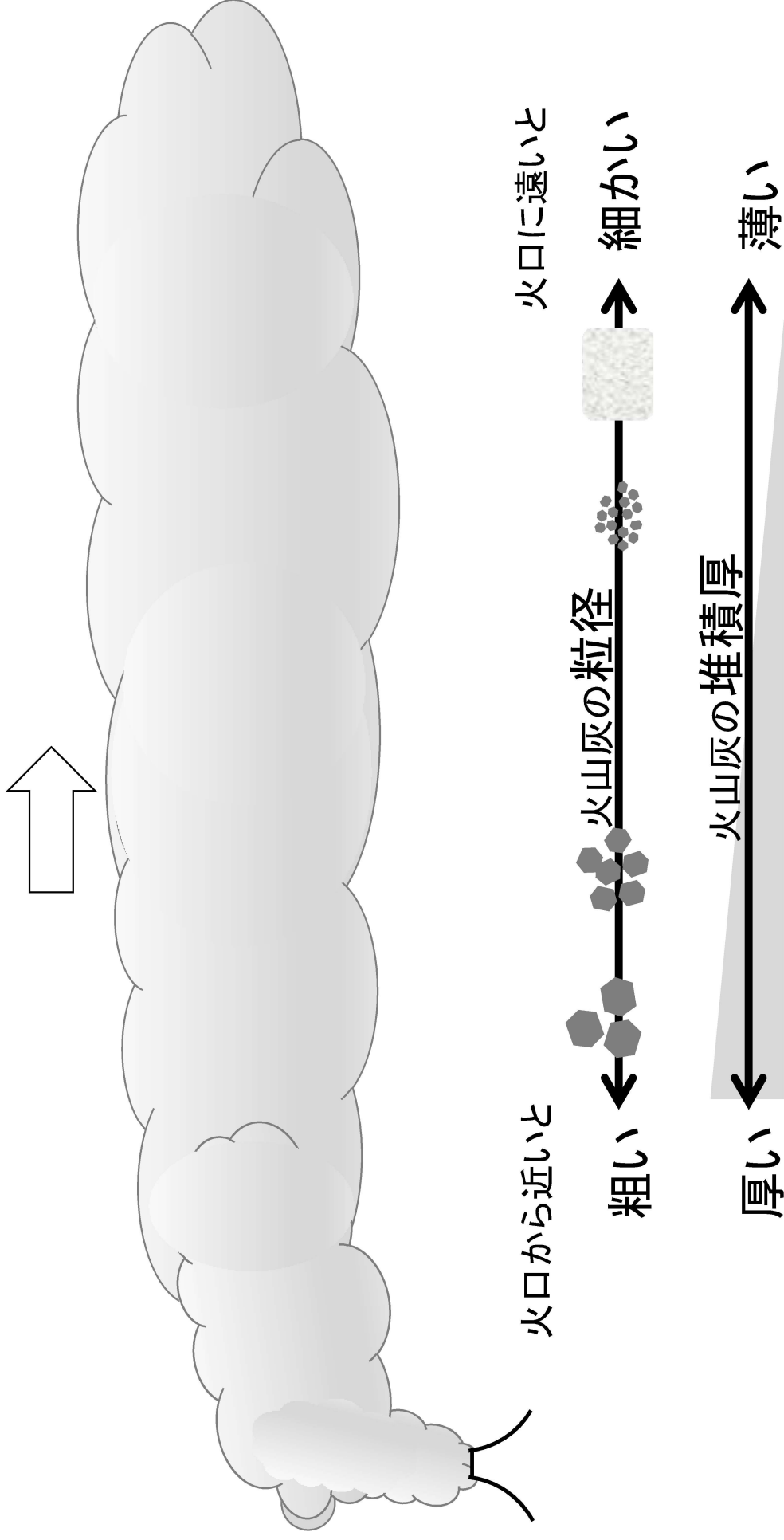
令和2年4月

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ

出典：内閣府, 大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤枠で示す

火山灰の特徴（1）

火山灰は上空の風によって風下側へ運ばれる



火山灰の特徴 (2)

○粒径による分類

火山灰(直径 2mm 以下)は、地質学の区分に基づくと、2mm から 1/16mm (0.0625mm) のものは「砂」、1/16mm 以下のものは「シルト」と分類される。

火山碎屑物の分類

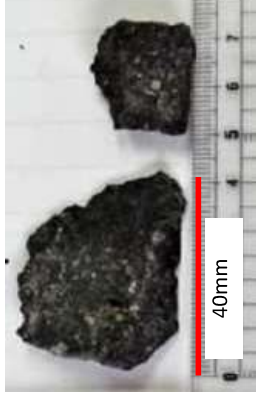
名称		名称	名称
粒子直径	粒子が特定の外形や内部構造を持たないもの	粒子が特定の外形や内部構造を持つもの	粒子が多孔質のもの
>64 mm	火山岩塊	火山弾 溶岩餅 スパター ペレーの毛 ペレーの涙	軽石 スコリア (岩滓)
64~2 mm	火山礫		
<2 mm	火山灰		

下鶴・他, 火山の事典(第2版)

※本WGでは、便宜的に火山礫も含めて「火山灰」と呼称している

火山礫

粒子直径が64~2mm



気象庁(2011)

火山灰

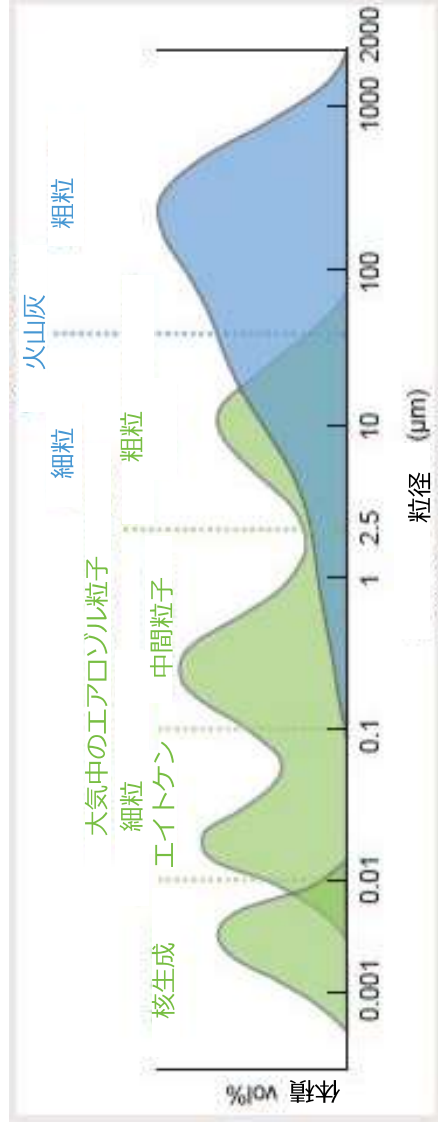
粒子直径が2mm未満



気象庁(2016)

東京大学前野野准教授提供

火山灰と大気中のエアロゾル粒子の粒径比較



Durant et al. (2010) | 内閣府和訳

火山灰には、PM2.5(粒径 2.5µm 以下の細粒子)も含まれており、このサイズの粒子は、気管支や肺にも入り込むことができる。

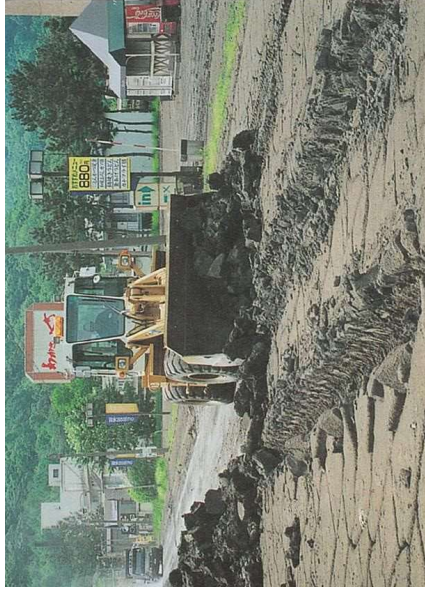
出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -首都圏における降灰の影響と対策-
 ~富士山噴火をモデルケースに~(報告) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
 注) 下水道に関する事項を赤字で示す

○火山灰の構成

火山灰は、マグマが噴火時に破碎・急冷したガラス片・鉱物結晶片から成り、硬く、角ばった形状をしているものが多い。

火山灰の粒径と、大きさが類似の堆積物

細粒火山灰



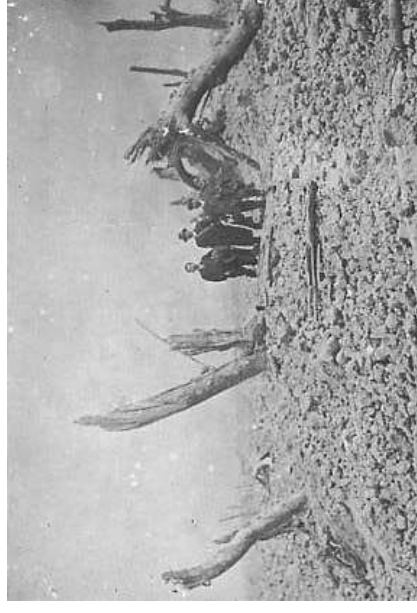
北海道開発局室蘭開発建設部資料(有珠山2000年)

粗粒火山灰



都城市資料(新燃岳2011年)

火山礫



鹿児島県立博物館資料(桜島1914年)

洪水流堆積物 に近い様相



提供: 熊本学園大学(平成29年7月九州北部豪雨)

砂浜海岸 に近い様相




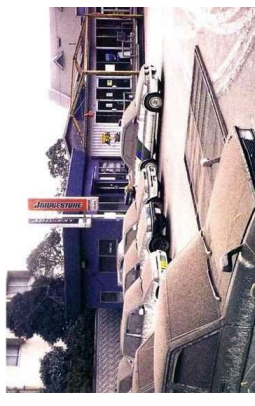


砂礫海岸 に近い様相



※河川や海岸の堆積物に比べ、火山灰・火山礫は角ばっている特徴があることに留意。

出典: 内閣府, 大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤枠で示す

火山灰の粒径による特徴と生じる状況のイメージ

	細粒火山灰		粗粒火山灰	火山礫・火山岩塊
	粘土	シルト		
特性	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 最初から粘着質で、水を含むとさらに粘り気が強くなる。 ✓ 乾燥すると固結しやすい。 ✓ 降水時には泥田のようになる。 ✓ 重い。水を含むとさらに重くなる。 ✓ 付着性が高く、こびりついて取りにくい。タイヤの溝を埋めて走行性能を著しく低下させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 乾燥時はサラツとしていますが、水を含むと粘り気が出る。 ✓ 降雨後は固まりやすいが、乾くと砕けて粉塵として舞う。 ✓ 重い。水を含むとさらに重くなる。 ✓ 付着性はやや高く、こびりつきやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 砂状であるため、細粒火山灰と比べると水を含んでも固まりにくい。サラツとしている。 ✓ 軽石質の火山灰は空隙が多いため、水を含むと重くなる。 ✓ 付着性は低い。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 小石から岩塊状である。 ✓ 重量があると、人体損傷や構造物に被害が生じる。 ✓ 軽石質の場合は空隙が多いため、水を含むとより重くなる。 ✓ 付着性はない。
噴火事例	水蒸気噴火で生じる。 (例) 平成12年有珠山噴火、平成26年御嶽山噴火等	マグマ水蒸気噴火や火砕流からの灰かぐらで生じる。 マグマ噴火の遠方相でもみられる。 (例) 平成12年三宅島噴火、平成3年～雲仙普賢岳噴火等	マグマ噴火で生じやすい。 (例) 平成23年新燃岳噴火等	マグマ噴火で生じる。水蒸気噴火では火口近傍で顕著にみられる。 (例) 昭和52年有珠山噴火、平成26年御嶽山噴火等
状況	 <p>北海道開発局室蘭開発建設部資料(有珠山2000年)</p>	 <p>撮影: 陶野都雄氏</p>		 <p>鹿児島県立博物館資料(桜島1914年)</p>

出典：内閣府，大規模噴火時の広域降灰対策について - 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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
 注) 下水道に関する事項を赤枠で示す

火山灰の特徴（3）

○火山灰の密度

火山灰・雪の密度 (g/cm³)

項目	アメリカ 地質調査所※	宇井 (1997)	土志田 (2011)	須藤 (2004)	木佐・他 (2012)
火山灰	乾燥状態 (乾燥し締め固められていない)	0.5~1.3	0.4~0.7	1 程度	1.5
	湿潤状態 (湿りけを帯びて締め固められた)	1.0~2.0	1.2 を越えることもある	1.2~1.5 以上	
雪	新雪	0.05~0.07			
	湿りけを帯びた新雪	0.1~0.2			
	固結した雪	0.2~0.3			

※10cm 堆積時

○再移動

乾燥状態の場合、風や人の活動により地面に積もった火山灰が、再度巻き上げられて、視界を遮る原因となる。



車の通行による
火山灰の巻き上げ
(アメリカ地質調査所HP)

○火山灰が水を含んだ場合の影響

噴火時の条件や降水等によって湿っている場合、火山灰は堆積した場所にこびりついたり、乾燥後に固まったりする。細粒の火山灰の場合、雨で流されずにかえって、堆積場所にこびりつきやすい。また、火山灰が湿っていると乾燥時よりも重くなるため、建物の屋根等により多くの負荷をかけることになる。



火山灰の状態（左から乾燥時・湿潤時・湿潤後の乾燥時）

(有珠山2000年噴火の火山灰を用いた室内実験)

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について - 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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤枠で示す



湿潤状態の火山灰
(少量でも車の走行性に影響大)
(新燃岳2011年)



湿潤状態の火山灰
(細粒で水を含むと泥のようになる)
(東京大学 前野准教授提供)

火山灰の特徴（4）

○導電性

火山灰は乾燥時には絶縁体であるが、水を含んで湿った状態の場合には火山灰に付着している火山ガス成分や火山灰に含まれる塩基類によって導電性を持つことがある。

そのため湿った火山灰が電柱の碍子等に付着した場合、碍子部の絶縁性が弱くなり、閃絡等による停電などが起きることがある。

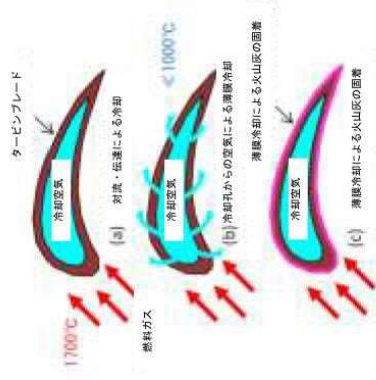


火山灰を用いた碍子の閃絡実験 (Wilson et al, 2011)

○火山灰粒子の融点

火山灰粒子の融点は約 1000°Cであり、一般的な砂塵と比べて低い。

飛行航路上に噴煙があるなど、航空機のエンジンに火山灰が入ると、航空機用ガスタービンのエンジン燃焼温度(1400°C以上)で火山灰の粒子が燃焼室内で溶融した後、冷えてタービンブレード等に付着してしまうため、飛行中のエンジン停止など異常の原因となる。



タービンブレードの冷却による火山灰の影響 (左) 模式図、(右) 付着事例 (安田・他, 2011)

○火山灰に付着する火山ガス成分

火山ガス成分は、一般にほとんどが水蒸気(H₂O)であるが、その他に二酸化炭素(CO₂)、二酸化硫黄(SO₂)、硫化水素(H₂S)、塩化水素(HCl)、フッ化水素(HF)などが含まれ、噴火時に火山灰に付着する。

これらの付着する火山ガス成分の量は、噴火からの時間経過、温度、火山灰の粒径や表面積など様々な要素によって変化する。

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤字で示す

○金属への腐食性

火山灰から溶出した硫酸イオン(SO₄²⁻)は、金属腐食の要因にもなる。

火山灰の堆積量と対応する状況の例

○火山灰の堆積量と、調査された周辺の様子の状況

厚さを測ることができない微量の火山灰でも、堆積していることが目視できる。

6.6g/m²(土岐・井村(2016), 井村(2018))



110g/m²(防災科学技術研究所、噴火予知連絡会資料(2018))



約1000g/m²(気象庁(2018))



厚さ(mm)
重さ(g/m²)

微量
~100

0.1
150

1
1500

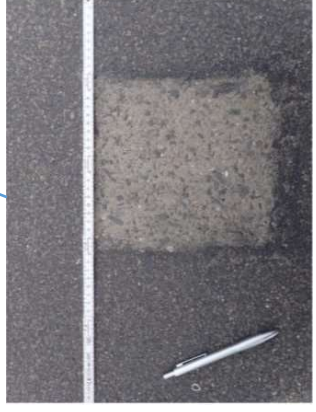
10
15000



0.5g/m²(土岐・井村(2016), 井村(2018))



20g/m²(土岐・井村(2016), 井村(2018))



400g/m²(土岐・井村(2016), 井村(2018))



3836g/m²(防災科学技術研究所、噴火予知連絡会資料(2018))

出典：内閣府，大規模噴火時の広域降灰対策について - 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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤枠で示す

※火山灰の密度を1.5g/cm³と仮定して、重さ(g/m²)を厚さ(mm)に換算。

(参考) 市街地における降灰の例 (桜島2013年8月18日の噴火)

【噴火と降灰の状況】

- ・2013年8月18日16時31分に噴火が発生。噴煙は火口縁上5000mに達し、中心市街地方向に噴煙が流れた。
- ・鹿児島市役所では約300g/m²(厚さ約0.2～0.3mm程度)の降灰を観測。

【鹿児島市街地等への影響等】

当時の報道等によると、この降灰によって主に次のような影響等がみられた。

- ・鹿児島県内を通るJR日豊線は1時間半にわたり運転を見合わせた。
- ・噴火当日は、ライトを点灯し徐行する車が目立った。
- ・歩行者では傘をさしたりハンカチを顔に当てる様子が見られた。
- ・翌日(19日)は、早朝から清掃車、散水車あわせて約60台が出勤し清掃にあたった。



図1 噴煙上昇中の状況

(16時35分頃) (気象庁,2013a)

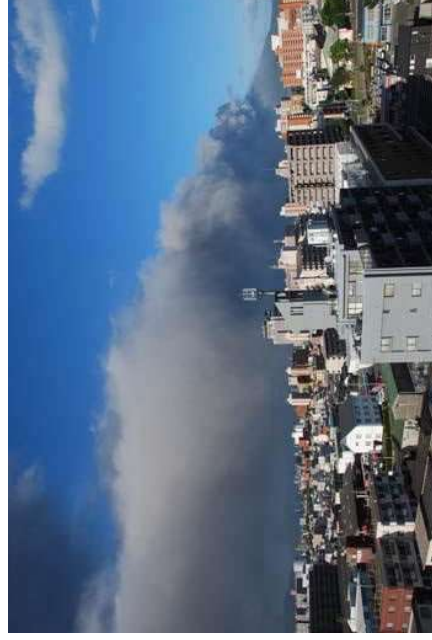


図2 噴煙が鹿児島市内方向へ流れている状況

(17時45分頃) (気象庁,2013a)

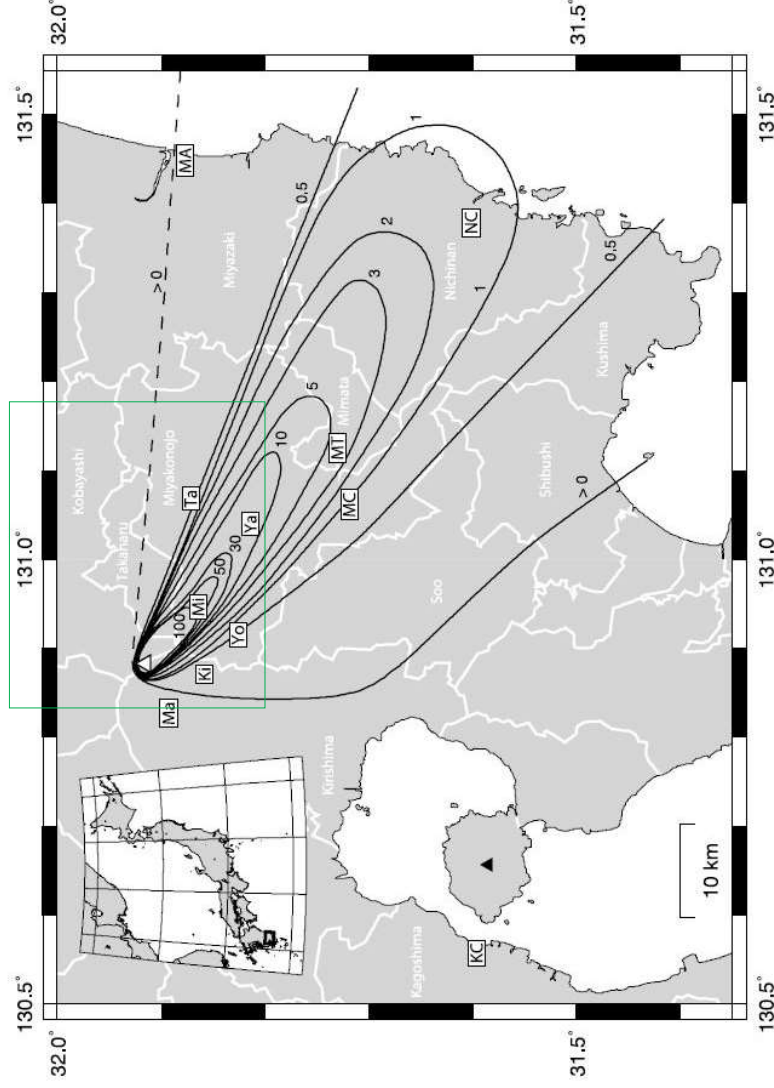


図3 鹿児島中央駅付近の降灰状況

(17時10分頃) (気象庁,2013b)

(参考) 火山噴火における降灰分布の例 (霧島山 (新燃岳))

霧島山(新燃岳) (2011年の噴火)の降灰分布



(Magill et al. (2013)). 原典: 産業技術総合研究所(2011)

※ 図中の数字は火山灰量(kg/m²)。緑枠は右図の範囲で内閣府加筆。

- 降灰による影響
- ・九州自動車道等、道路の通行止め
 - ・日豊線、吉都線等鉄道の運転見合わせ
 - ・火山灰除去のため空港滑走路等閉鎖
 - ・農作物、農業用施設被害 等

霧島山(新燃岳) (2018年4月5日の噴火)の降灰分布



(防災科学技術研究所、噴火予知連絡会資料(2018))

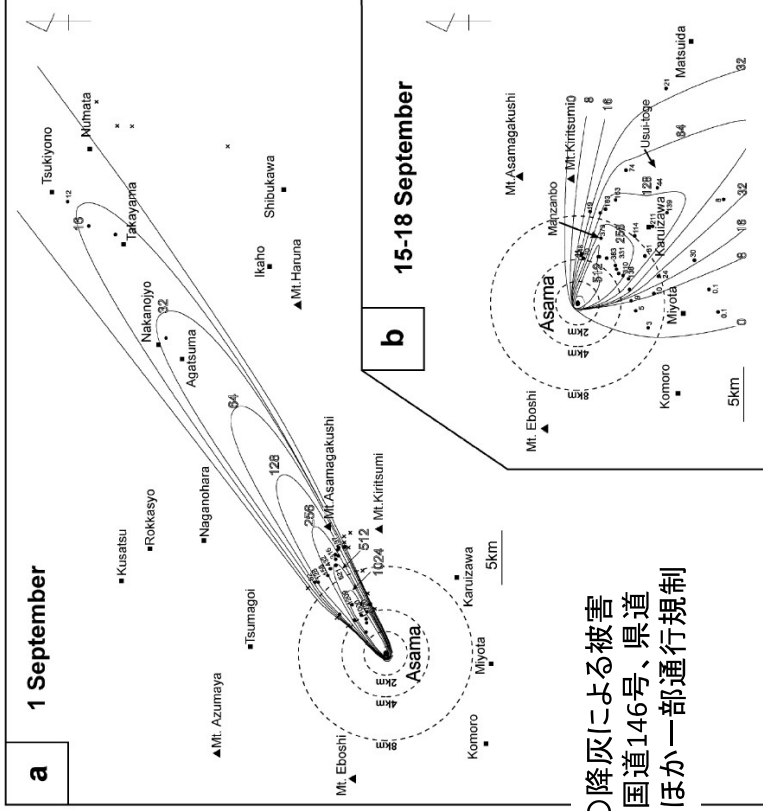
※ 写真と矢印は同資料から内閣府追記。

- 降灰による影響
- ・鉄道の遅延
 - ・航空機の欠航
 - ・宮崎自動車道速度規制 等

出典: 内閣府, 大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
 (注) 下水道に関する事項を赤字で示す

(参考) 火山噴火における降灰分布の例 (浅間山)

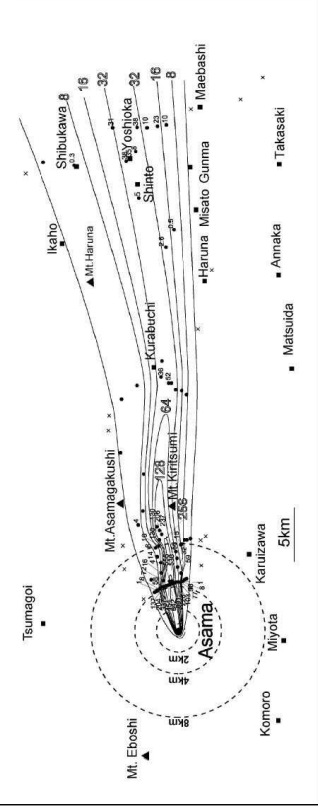
浅間山(2004年の噴火)の噴出物分布



○降灰による被害
国道146号、県道
ほか一部通行規制

○降灰による被害
特になし

9 14 November

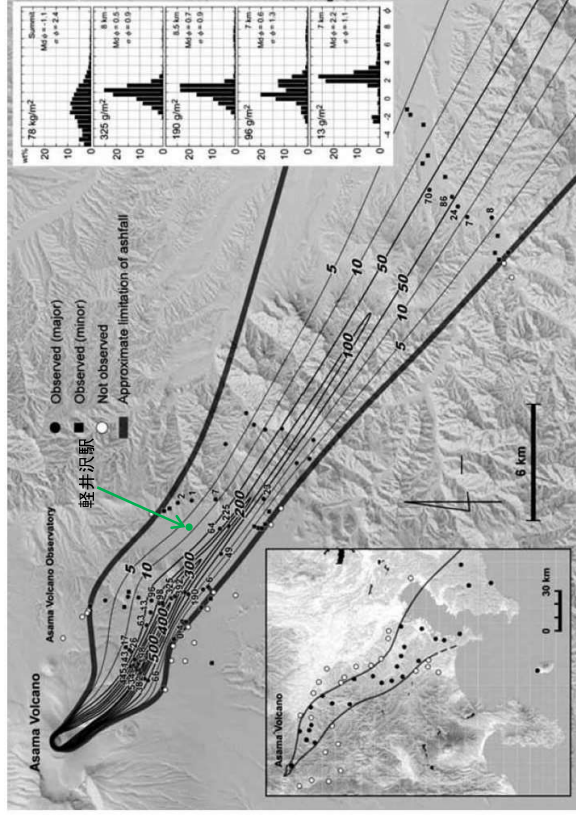


吉本・他(2005)

※被害は内閣府加筆。図中の数字は火山灰量(g/m²)

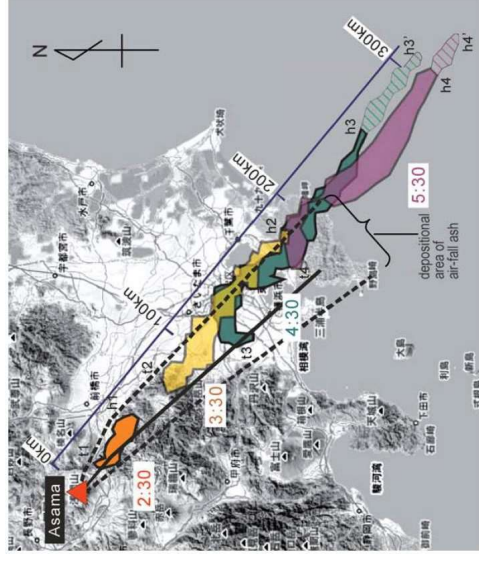
出典：内閣府，大規模噴火時の広域降灰対策について -首都圏における降灰の影響と対策-
～富士山噴火をモデルケースに～(報告) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤字で示す

浅間山(2009年2月2日の噴火)の降灰分布



前野・他(2010)
※軽井沢駅は内閣府加筆。図中の数字は火山灰量(g/m²)

MTSAT赤外画像
データを用いて
解析された噴煙
の移動・拡大状況
(金子・他(2010))

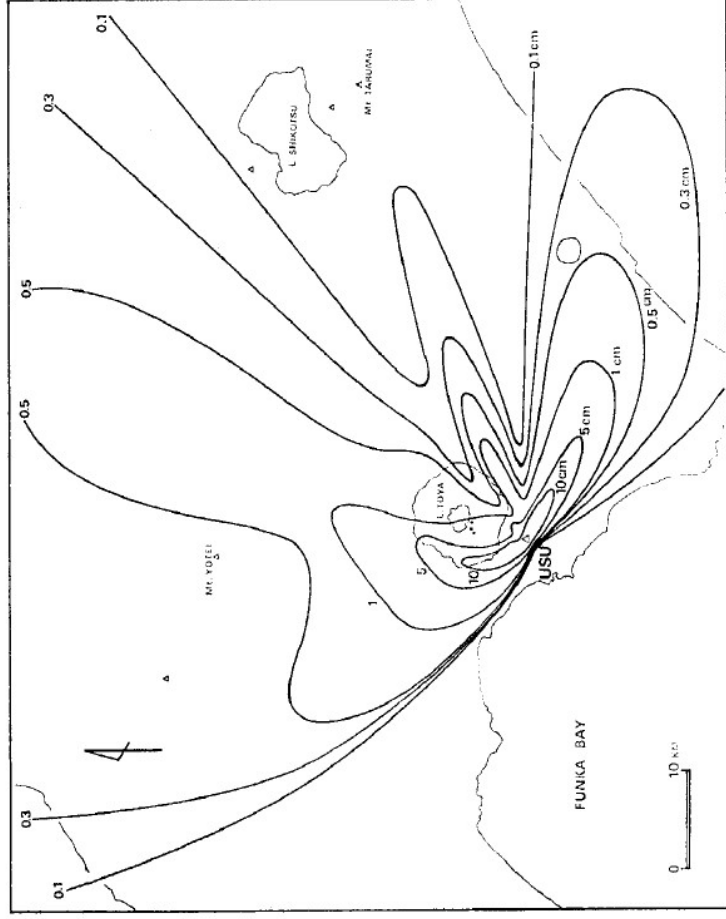


○降灰による被害
町道、鬼押ハイウェイ
一部通行規制

※火山灰の密度を1.5g/cm³と仮定すると、1500g/m²で厚さ1mm相当。

(参考) 火山噴火における降灰分布の例 (有珠山)

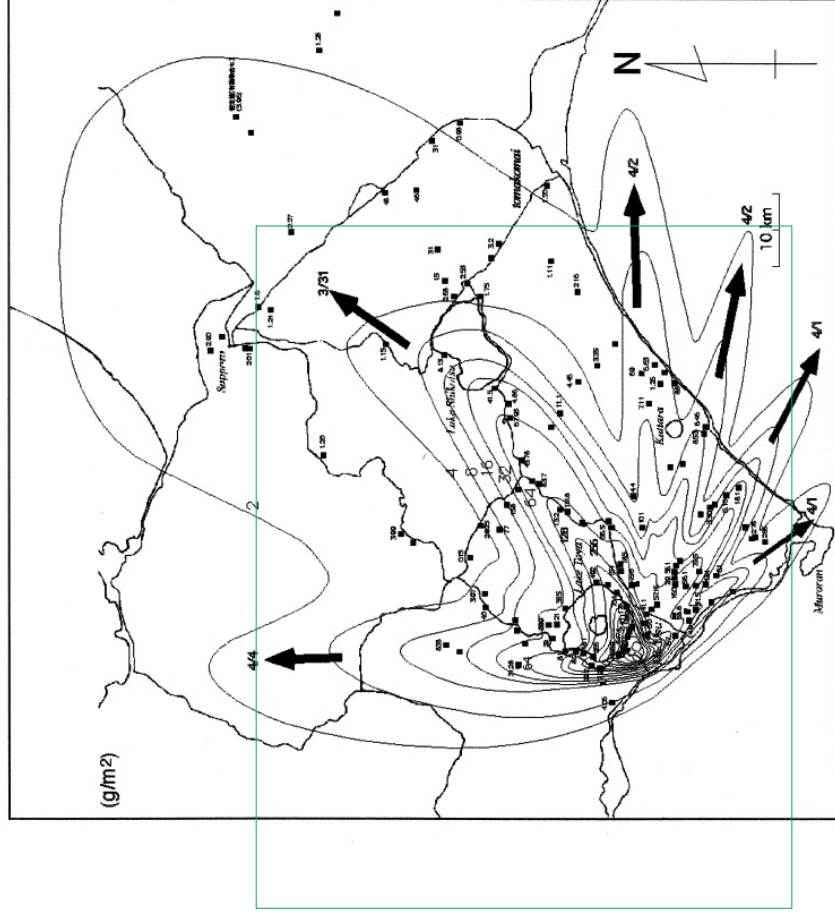
有珠山(1977年の噴火)の降灰分布



新井田・他(1982)

※ 図中の数字は堆積厚さ(cm)。

有珠山(2000年の噴火)の降灰分布

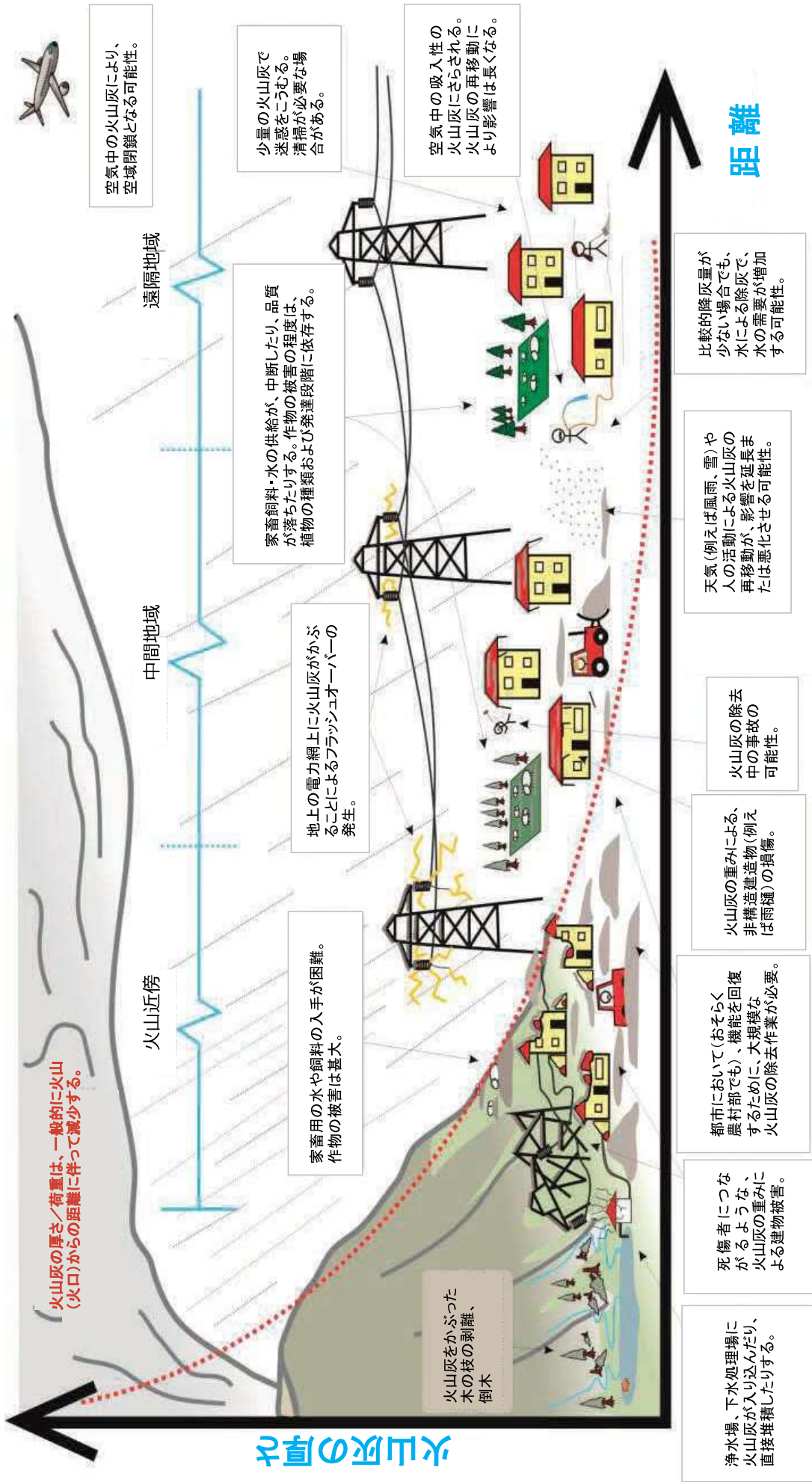


河合・他(2001)(図の原典:遠藤・他(2001))

※図中の数字は火山灰量(g/cm³)。緑枠は左図の範囲で内閣府加筆。

出典：内閣府，大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋
 注) 下水道に関する事項を赤枠で示す

(参考) 火山からの距離と降灰の影響の模式図



火山からの距離と降灰の影響の模式図 (Willson et al. (2015)を元に内閣府和訳・加筆)

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -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) 参考資料1, 令和2年4月 より抜粋

(注) 下水道に関する事項を赤字で示す

大規模噴火時の広域降灰対策について - 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】

降灰による影響の閾値の考え方

令和2年 4 月

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ

出典：内閣府, 大規模噴火時の広域降灰対策について - 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, 令和2年4月 より抜粋
注) 下水道に関する事項を赤字で示す

降灰による影響の波及イメージ

- 降灰の影響は、他の分野へ波及することで被害が拡大しやすい。
- 特に、交通・電力・水道分野等で発生する被害が他分野に波及すると、日常生活や社会経済活動に波及して大きな影響が生じる。

＜主要なインフラ等で発生する影響例＞

火山灰により視界不良、白線が見えなくなる



通電不良による踏切や信号の誤作動、車両の運行停止



停電防止のため碍子等の清掃（降灰除去）が必要



取水地の水質悪化のため断水が発生



主要なインフラ等における被害や影響の発生要因や相互関係のイメージ

その他様々な分野で影響が発生
（農業、物流、通信、医療、健康被害など）

出典：内閣府，大規模噴火時の広域降灰対策について - 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，令和2年4月より抜粋
注）下水道に関する事項を赤字で示す

1. 交通分野

- ① 道路
- ② 鉄道
- ③ 航空
- ④ 船舶

2. ライフライン・建物設備等分野

- ① 電力
- ② 上水道
- ③ 下水道
- ④ 通信
- ⑤ 建物
- ⑥ 設備(空調等)
- ⑦ 家電製品・情報機器
- ⑧ 健康への影響

3. 農林水産分野

- ① 農作物(稲・畑作物・果樹)
- ② 森林
- ③ 畜産
- ④ 水産物

※影響の閾値の設定について

- ・閾値については、最もデータが揃っている、堆積厚を基本に考える。
- ・火山灰の粒径(粗粒/細粒)や湿潤状態(乾燥/湿潤)、施設の設備などにより、影響の発生条件・非発生条件が付加できるものについては、これを追加する。
- ・閾値を量的に設定した項目について、「1. 想定される影響」に[定量]と付記した。

③下水道

1. 想定される影響

○下水道管路の被害
 ・下水道管路のつまり

○下水処理場、ポンプ場等の被害

- ・沈澱池の満砂
- ・ろ過材の目詰まり
- ・ばっ気槽の能力低下
- ・ポンプの羽根車等の磨耗損傷
- ・汚泥処理施設への影響(送泥ポンプの過負荷など)
- ・機器等(発電機、受変電設備、屋外設置の制御盤等)への影響
- ・化学成分による水質の悪化

2. 過去の噴火における被害事例等

降灰厚さ	発生した主な事象(数字:降灰厚さcm)	人為的な判断による影響
火山灰の状況	降灰(降灰中)	
10cm以上		
5cm前後 10cm ～ 2cm	<ul style="list-style-type: none"> ●5 下水道被害(管路閉塞、摩耗)(セトベンス1980) ●4 下水道被害(タンク内に堆積)(フジエリ・コトシノカガシ2011) ●3 下水道被害(タンク内に堆積、摩耗、管路閉塞)(イナ2010) ●3 下水道被害(管路閉塞)(ヘンガ)JL2002) 	<ul style="list-style-type: none"> ●4 下水道被害(復旧困難)(フジエリ・コトシノカガシ2011) ●3 下水道被害(復旧困難)(ヘンガ)JL2002)
1cm前後 2cm ～ 0.3cm	<ul style="list-style-type: none"> ●0.6 汚水処理プラントへ道路から洗い流された大量の灰が流入。雨水管渠、水路、集水溝における過負荷。扇状シエット水流による下水クリナーや真空集水溝クリナー各利用して下水が詰まるのを防いだ(セトベンス1980) ●0.6 汚水処理プラントへ道路から洗い流された大量の灰が流入。雨水管渠、水路、集水溝における過負荷。(セトベンス1980) ●0.3 大量の火山灰が雨水処理システムに流入し固着、下水管が詰まって雨水の溢れがいくつかが発生(スハ-1992) 	<ul style="list-style-type: none"> ●0.6 汚水処理プラントへ道路から洗い流された大量の灰が流入。雨水管渠、水路、集水溝における過負荷。扇状シエット水流による下水クリナーや真空集水溝クリナー各利用して下水が詰まるのを防いだ(セトベンス1980)
1mm前後 0.3cm ～ 0.05cm	<ul style="list-style-type: none"> ●0.4 下水道被害(管路閉塞、摩耗)(ヘンガ)JL2002) ●0.3 下水道被害(管路閉塞)(スハ-1992) ●0.2 噴火しばらく後、市の施設(ホール、交流プラザ等)で降灰の影響による下水溢れが発生。(新橋屋2011) 	
0.5mm以下		

【降灰中に発生し、降灰の厚さ等とともに発現が増える被害】

【降灰中～降灰終了後に発生し、降灰の厚さ等とともに発現が増える被害】

- ・積灰した火山灰が降雨や水を使った清掃により側溝や下水道に流されることによる下水道内での堆積

【同じ程度の降灰の厚さでも発生の有無が異なる被害】

- ・湿潤後に固結しやすい石膏成分が火山灰に付着している場合

【事例が少なく、降灰の厚さ等との関係が不明な被害】

- ・火山灰の固結

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -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、令和2年4月 より抜粋
 (注)下水道に関する事項を赤字で示す

③下水道

3. 想定する影響の条件

○本WGの想定で用いる条件は以下のとおりとする。

(1) 下水道管路等排水施設の被害[定性]

- ・大雨時など、土砂を含んだ大量の雨水が下水道管路に流れ込むことで、管路が閉塞する場合がある。同様に、堆積した火山灰が降雨や水を使った清掃により側溝や下水道に大量に流されると、管路の閉塞が発生する可能性がある。
 - ・排水施設の管渠系統には、汚水と雨水を別々に処理する分流式と、汚水と雨水を一緒に処理する合流式があるが、分流式の場合は火山灰は污水管には侵入しにくい。
- ⇒ 降雨後、または水による清掃の増加後、分流式の雨水管、合流式の管路で閉塞が発生する可能性がある。
- #### (2) 下水処理場、ポンプ場の被害[定性]
- ・処理施設に覆蓋がない場合、直接の降灰による沈殿池の埋積、ろ過材の目詰まり等により、処理能力が低下する可能性がある。
 - ・処理施設に覆蓋があっても、合流式の処理施設の場合、流入水に含まれる火山灰により、処理能力が低下する可能性がある。
 - ・ポンプ場では、火山灰の流入により、機能不全が発生する可能性がある。

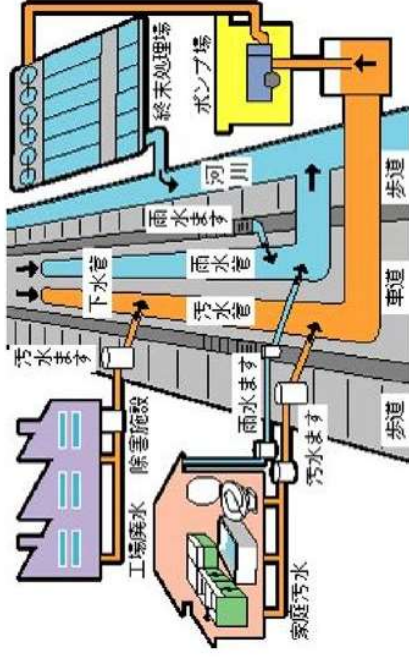
○他分野の影響

- ・停電エリアでは、下水処理場、ポンプ場の運転が停止する(非常用発電設備を有する場合を除く)。
- ・道路が途絶すると、燃料等の不足により、処理場、ポンプ場の機能停止が発生する可能性がある。

③下水道

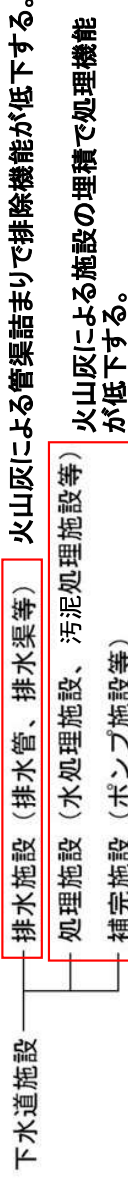
【参考】下水道施設の構成等

【下水道施設の構成】



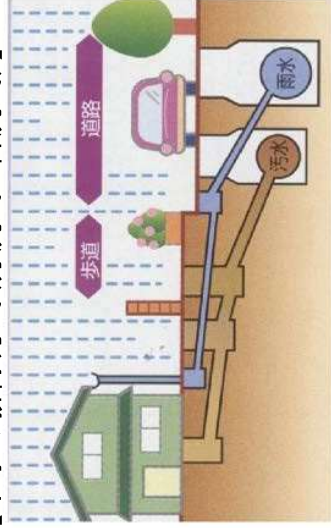
下水道施設の構成

図の出典：国土交通省ホームページ



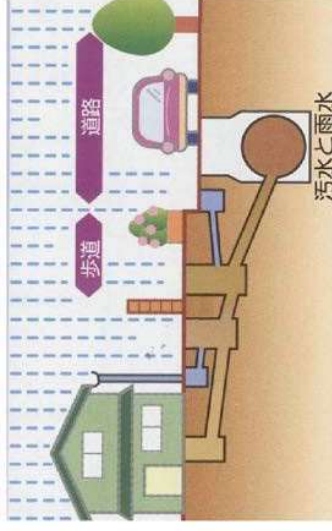
図の出典：国土交通省ホームページ
(赤枠及び説明文内閣府加筆)

【下水の排除方式（分流式と合流式）】



下水の排除方式(分流式)
(主に昭和45年以降)

分流式：汚水と雨水を別々の管渠系統で排除する。現在整備される管渠は分流式である。



下水の排除方式(合流式)
(主に昭和45年以前、東京23区や横浜市中心部など)

合流式：汚水と雨水を同一の管渠系統で排除する。

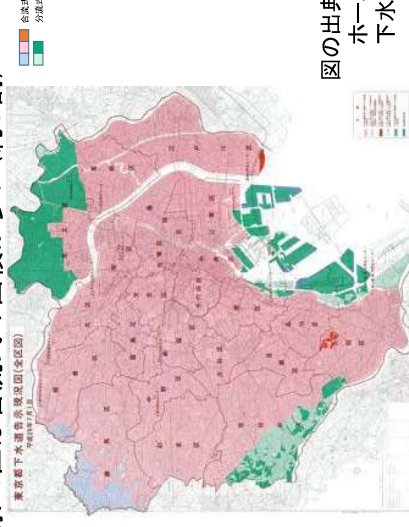
図の出典：国土交通省ホームページ

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -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、令和2年4月より抜粋

注）下水道に関する事項を赤枠で示す

下水道の現況

・東京23区は合流式の面積が多い(約8割)



図の出典：東京都下水道局
ホームページ、23区の公共
下水道の普及状況

・横浜市は、市の面積の約7割が分流式、約3割が合流式
・千葉県は、ほとんどが分流式

⑧健康への影響

1. 想定される影響

- ・呼吸器系疾患・心疾患患者の症状の増悪
- ・目・鼻・のど・気管支の異常等
- ・火山灰の付着による皮膚の炎症
- ・除灰時の屋根からの転落
- ・心理的ストレス上昇
- ・慢性珪肺症または炎症反応のリスク増加（長期間曝露）

2. 過去の噴火における被害事例等

降灰厚さ	発生した主な事象（数字：降灰厚さcm）		人為的な判断による影響
	降灰（降灰中）	降灰（降灰中～降灰終了後）	
10cm以上			
5cm前後 10cm ～ 2cm		<ul style="list-style-type: none"> ・7.5 軽い呼吸器疾患。灰によって暖やかな手当てを必要とする症状を訴えた患者の数は、人口1,000人当たり10～20人（セントヘンズ 1980） ・2 降灰が2cm以上の地域で、堆積した火山灰の再飛散による目、鼻、気管支の異常等の身体的障害が報告されている（有珠山1977） 	<ul style="list-style-type: none"> ・1～5 降灰中に屋根・はしごから落下した負傷25件、うち重傷6件（御座島2011）
1cm前後 2cm ～ 0.3cm		<ul style="list-style-type: none"> ・13 降灰後1週間は呼吸器の症状、どくに咳の腫れ、気管支炎、慢性の肺炎（ぜん息、肺炎）の悪化を訴える患者の数が普段よりも50%多かった（セントヘンズ 1980） ・0.5 咳、鼻、あるいは眼の異常の訴え、入院患者や治療を受けた患者数の増大。健康障害を訴えた人の割合住民1,000人当たり2～4人。健康障害を訴えた人の割合住民1,000人当たり2～4人（セントヘンズ 1980） 	
1mm前後 0.3cm ～ 0.05cm		<ul style="list-style-type: none"> ・0.13 慢性的な肺の疾患を持つ人に關しては健康上の諸腫が増加する懸念（セントヘンズ 1980） ・0.01 喘息患者の43%が症状悪化、軽症と中等症の患者に有意な影響（浅間山 2004） 	
0.5mm以下			

出典：内閣府、大規模噴火時の広域降灰対策について -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、令和2年4月 より抜粋
注）下水道に関する事項を赤字で示す

3. 影響の条件の考え方

- (1) 目・鼻・のど・気管支などへの影響
 - ・火山灰は、一般的に15μmを超えるものは鼻腔から気道に到達せず、10μm以下で気管や気管支に、4μm以下で肺胞に到達する（Horwell, 2007）。
 - ・目・鼻・のど・気管支への影響については、
 - 火山灰が目に入った場合、炎症を引き起こす場合がある。
 - 短期間、吸い込んだ程度では健康に影響を及ぼすことはないが、口や鼻に入ると強い不快感がある。
 - 大量の火山灰が肺の奥深くまで入ると、健康な人でも咳の増加や胸の不快感が現れ、喘息や気管支炎、COPD（慢性閉塞性肺疾患）等の呼吸器疾患や心疾患のある人々は影響を受ける可能性が高い。
- とされている（石峯・和田（2013）、石峯（2013））。
 - ・鹿児島市や霧島地域においては、明らかな健康被害があったとの報告や呼吸器疾患が増えたとの報告はない（川島, 2013）。2004年の浅間山の例では、軽症・中等症の患者に有意な影響があったとされている（清水・他, 2005）。
- ⇒降灰による直接の急性健康被害の可能性は低い、目・鼻・のど・気管支に異常を生じる可能性がある。

- (2) 除灰中の作業事故
 - ・除灰中に屋根・はしごから落下するなどして負傷した例があり、除雪作業と同様に作業事故が発生する可能性がある。