

(案)

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】

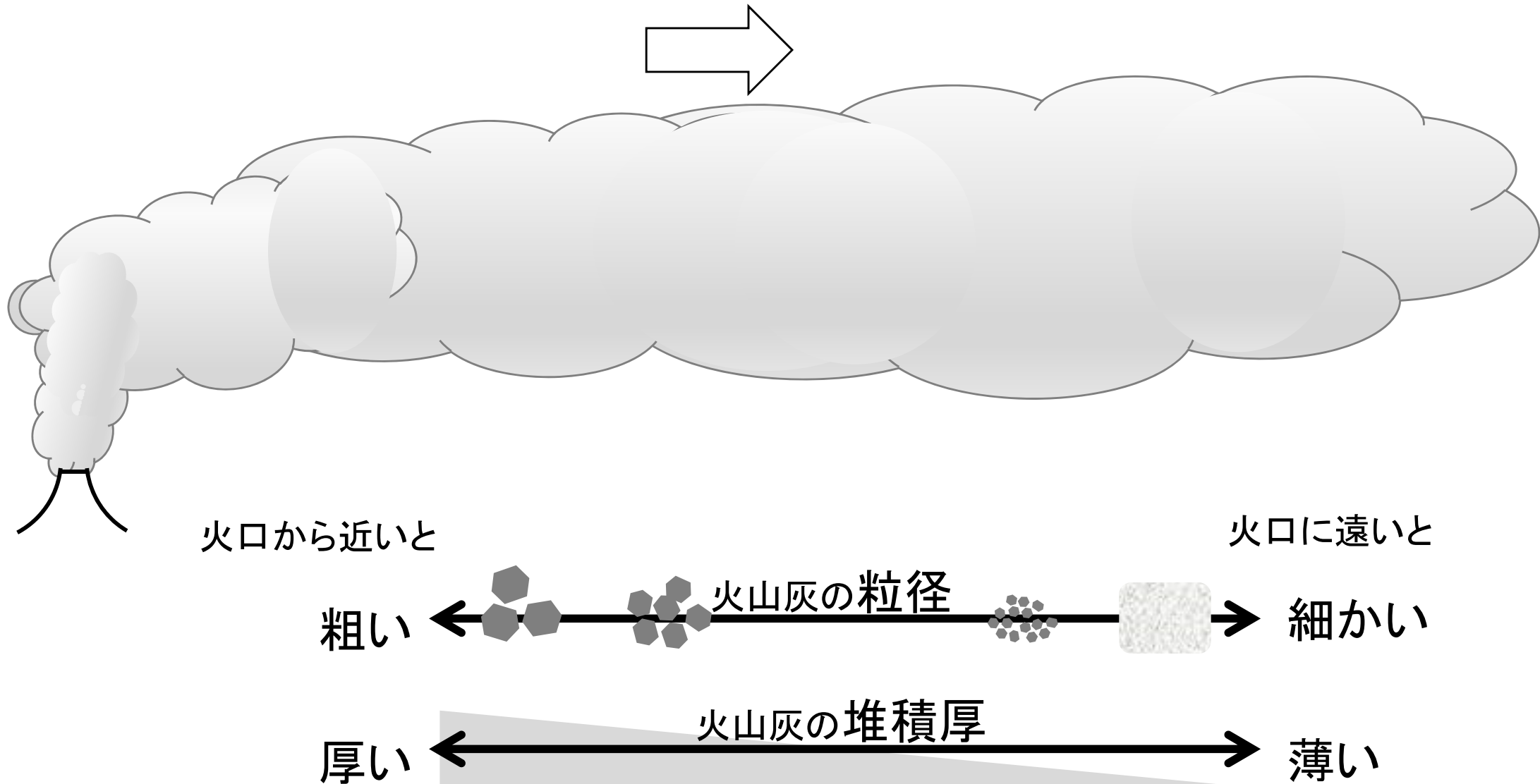
火山灰の特徴

令和2年〇月

大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ

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

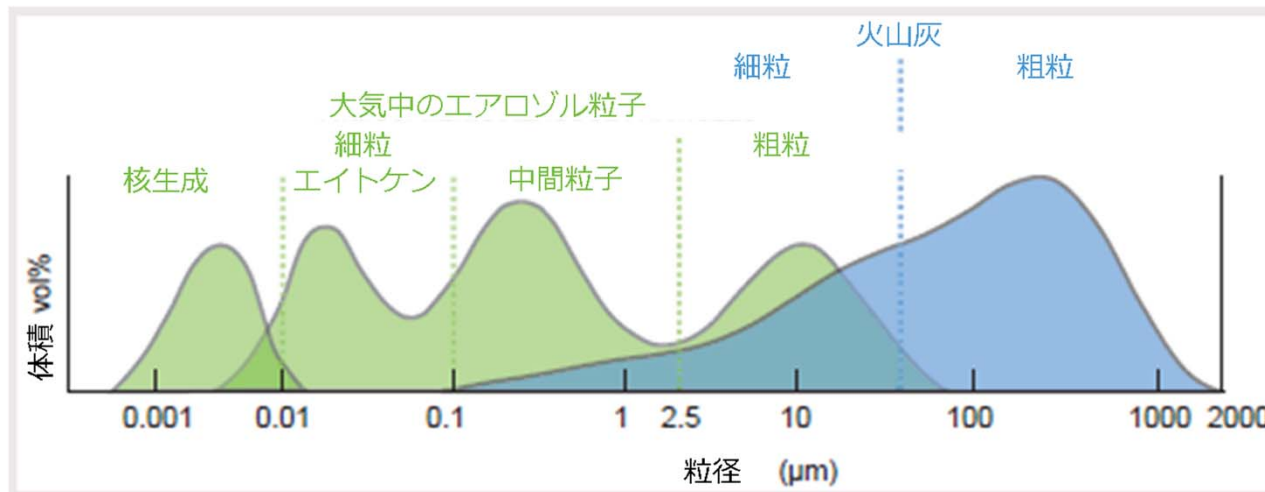
火山灰(直径 2mm 以下)は、地質学の区分に基づくと、2mm から 1/16mm (0.0625mm) のものは「砂」、1/16mm 以下のものは「シルト」と分類される。

火山碎屑物の分類

粒子直径	名称		
	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	軽石
64~2 mm	かざんれき 火山礫	スパター ペレーの毛	スコリア（岩滓）
< 2 mm	火山灰	ペレーの涙	

下鶴・他, 火山の事典(第2版)

火山灰と大気中のエアロゾル粒子の粒径比較

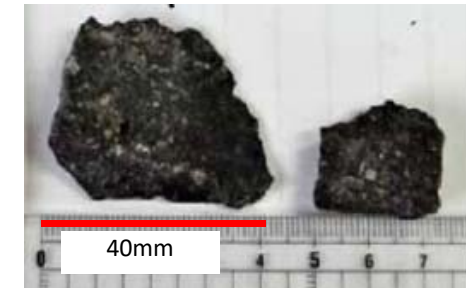


Durant et al. (2010)に内閣府和訳

火山灰には、PM2.5(粒径 2.5 μ m 以下の細粒粒子)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。

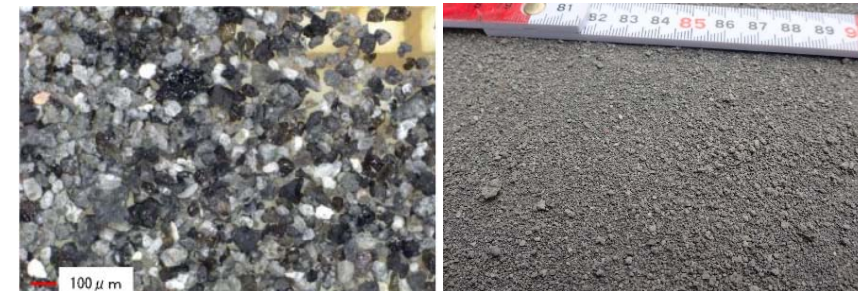
※本WGでは、便宜的に火山礫も含めて「火山灰」と呼称している

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)

東京大学前野准教授提供

○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。

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	✓ 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。	✓ 乾燥時はサラツとしているが、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。	✓ 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。	✓ 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	 北海道開発局室蘭開発建設部資料(有珠山2000年)	 撮影: 陶野郁雄氏		 鹿児島県立博物館資料(桜島1914年)

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。

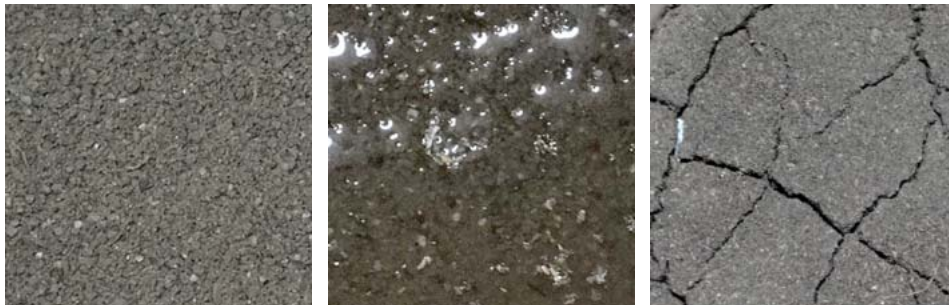


車の通行による
火山灰の巻き上げ
(アメリカ地質調査所HP)

○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)



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。

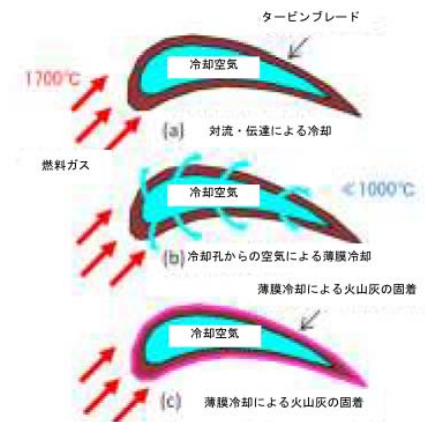


火山灰を用いた碍子の閃絡実験 (Wilson et al, 2011)

○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に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 (H_2O) であるが、その他に二酸化炭素 (CO_2)、二酸化硫黄 (SO_2)、硫化水素 (H_2S)、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。

○金属への腐食性

火山灰から溶出した硫酸イオン (SO_4^{2-}) 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。

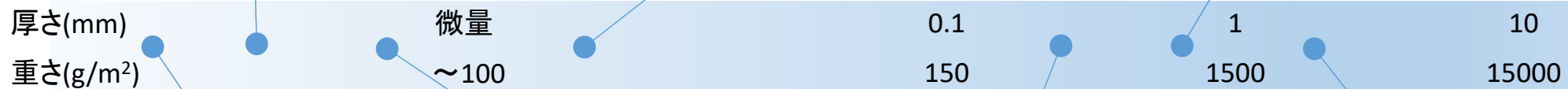
6.6g/m²(土岐・井村(2016), 井村(2018))



110g/m²(防災科学技術研究所、噴火予知連絡会資料(2018))



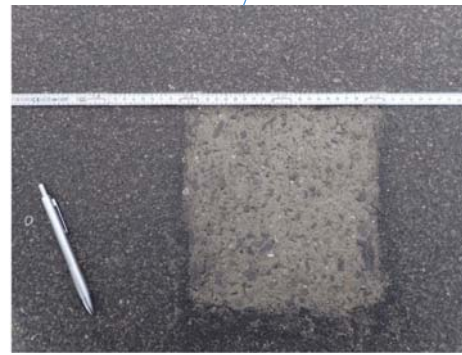
約1000g/m²(気象庁(2018))



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))

※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。

【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台が出動し清掃にあたった。



図1 噴煙上昇中の状況
(16時35分頃) (気象庁,2013a)



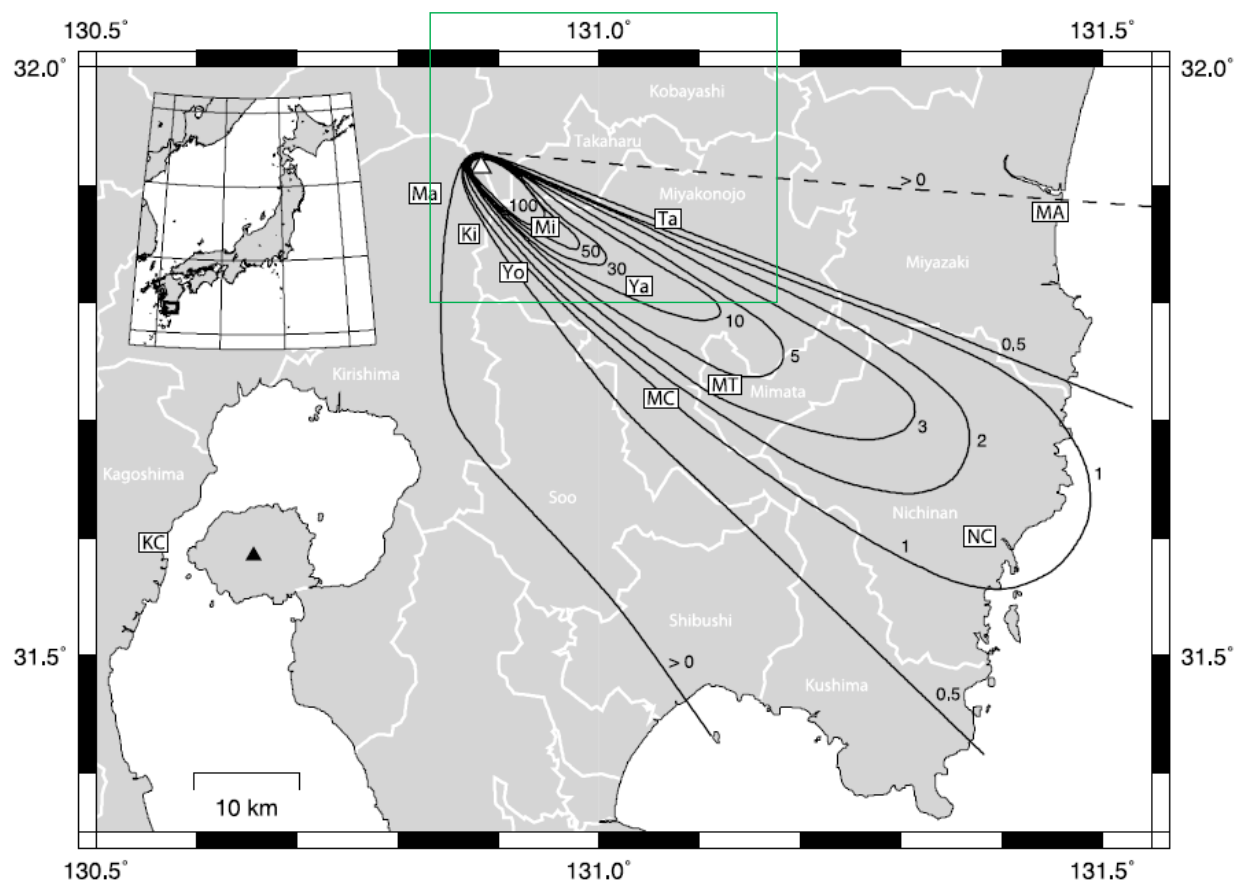
図2 噴煙が鹿児島市内方向へ流れている状況
(17時45分頃) (気象庁,2013a)



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



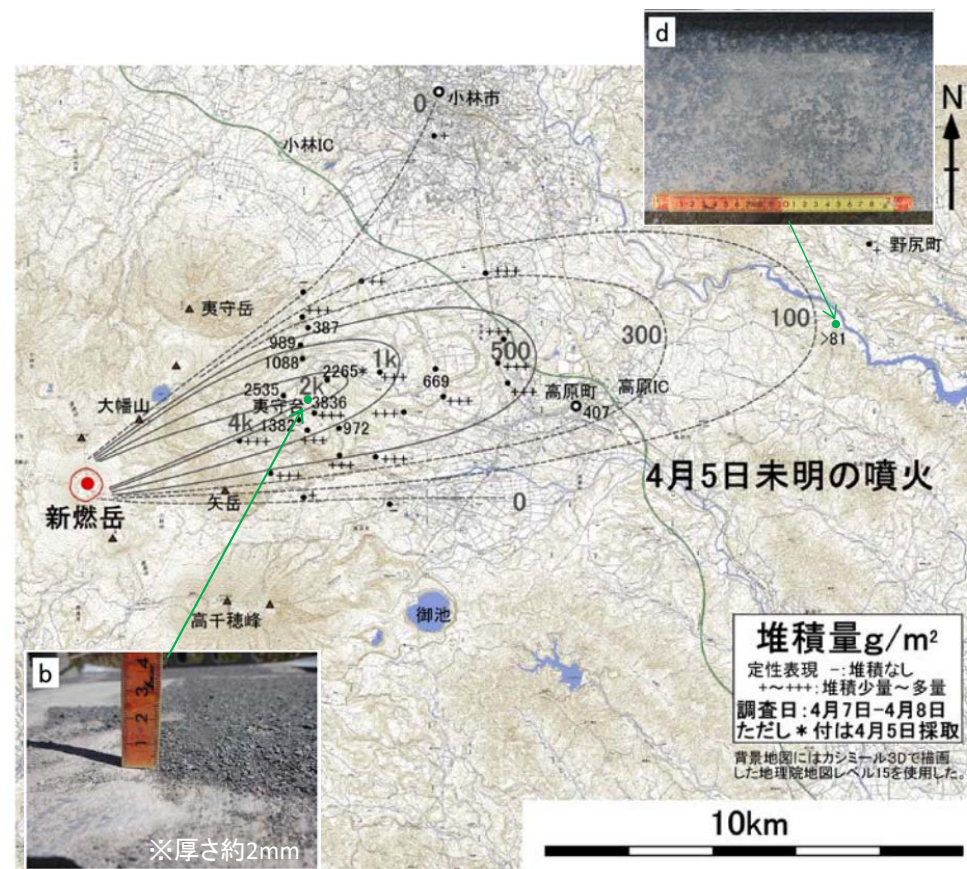
(Magill et al. (2013)。原典:産業技術総合研究所(2011))

※ 図中の数字は火山灰量(kg/m^2)。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))

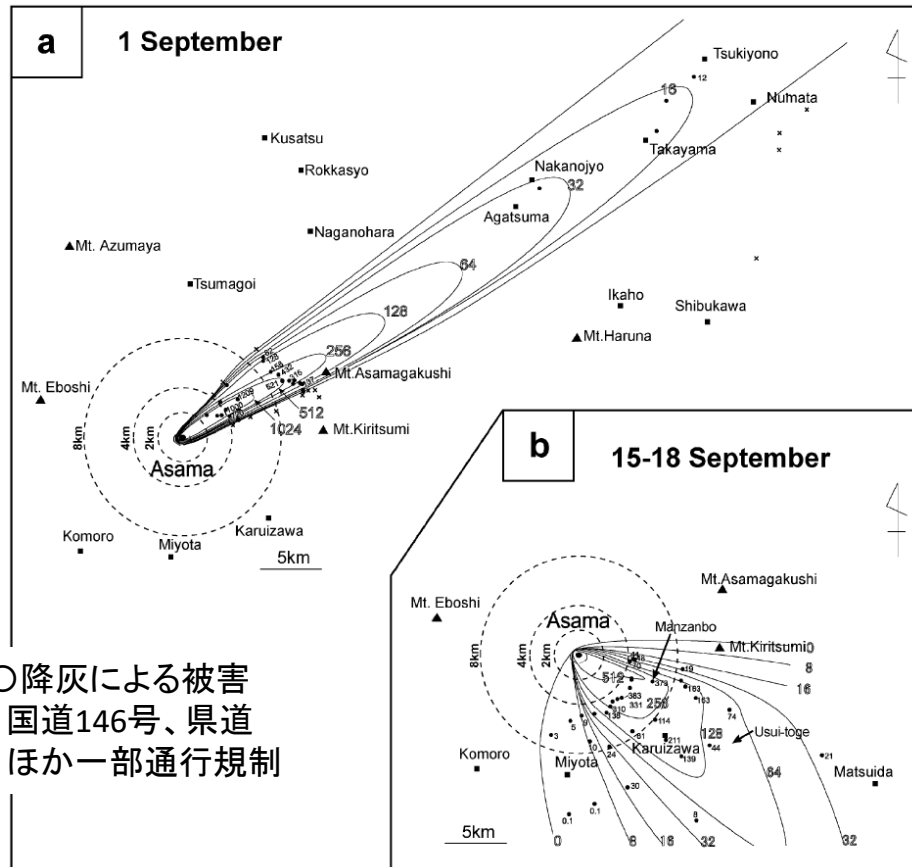
※ 写真と矢印は同資料から内閣府追記。

○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

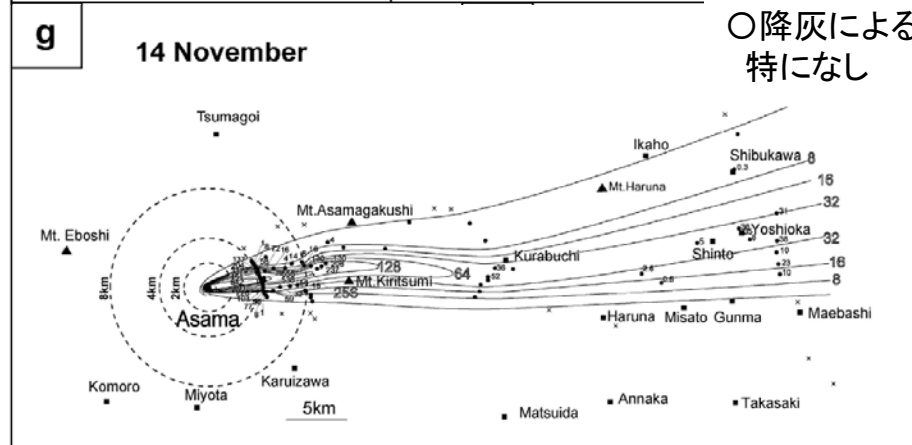
(参考) 火山噴火における降灰分布の例 (浅間山)

浅間山(2004年の噴火)の噴出物分布

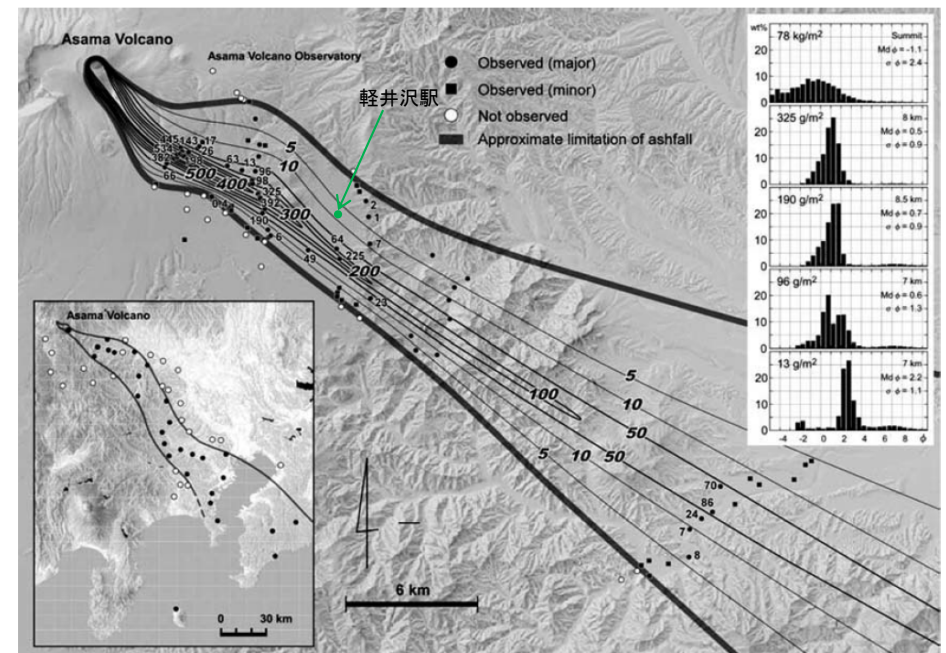


○降灰による被害
国道146号、県道
ほか一部通行規制

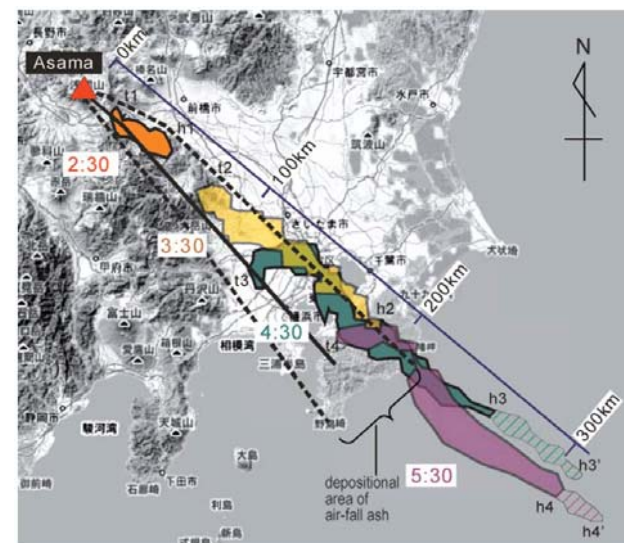
○降灰による被害
特になし



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))

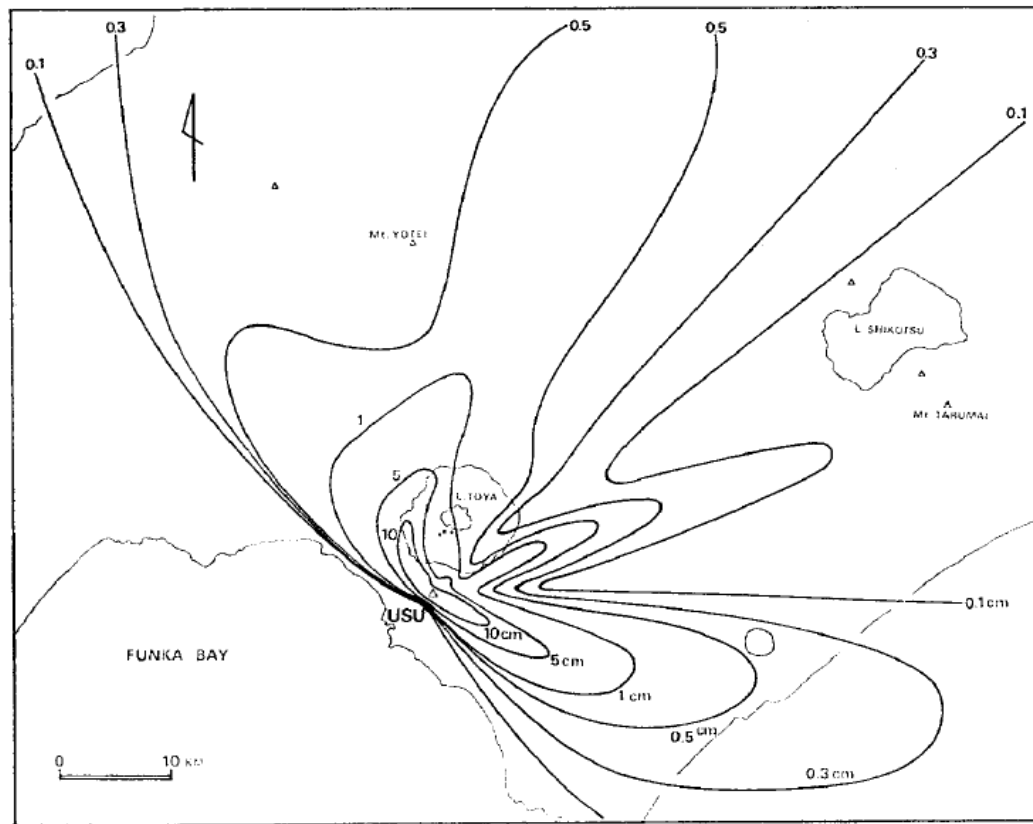
○降灰による被害
町道、鬼押ハイウェー
一部通行規制

吉本・他(2005) ※被害は内閣府加筆。図中の数字は火山灰量(g/m²)

※火山灰の密度を1.5g/cm³と仮定すると、1500g/m²で厚さ1mm相当。 10

(参考) 火山噴火における降灰分布の例 (有珠山)

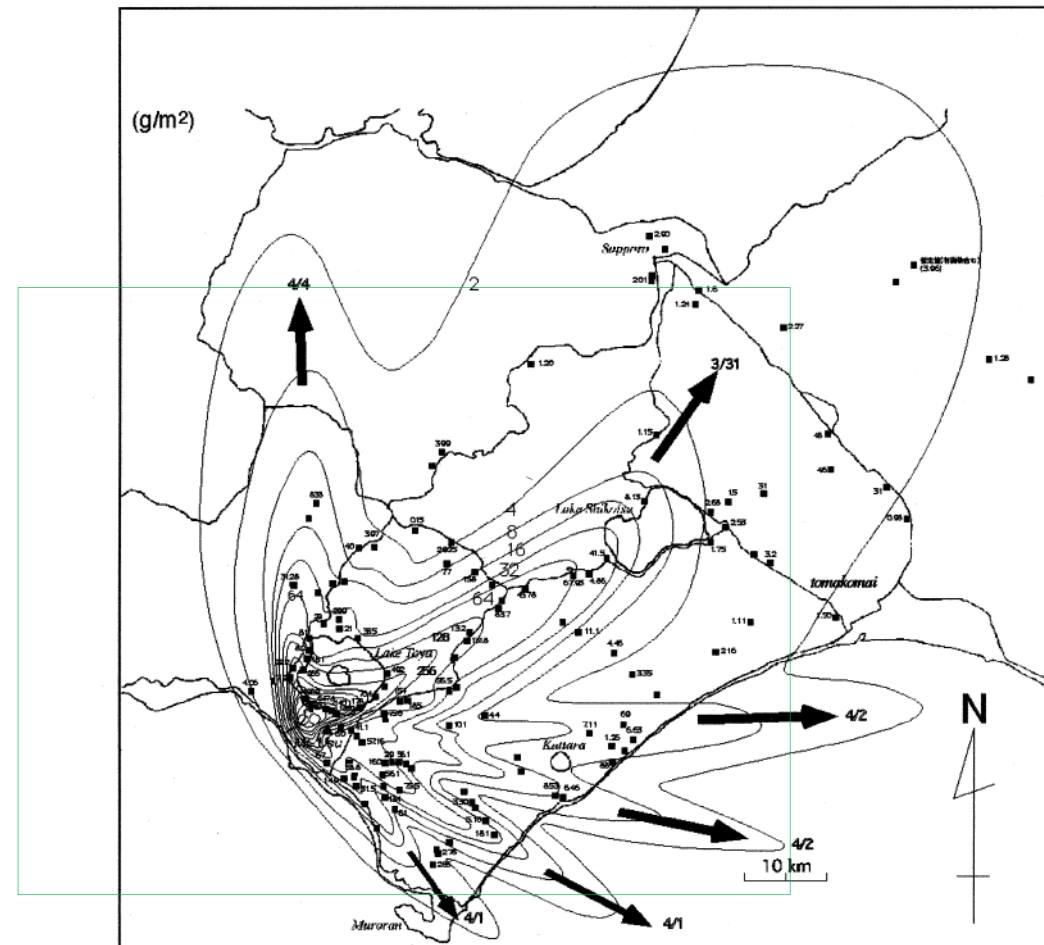
有珠山(1977年の噴火)の降灰分布



新井田・他(1982)

※ 図中の数字は堆積厚さ(cm)。

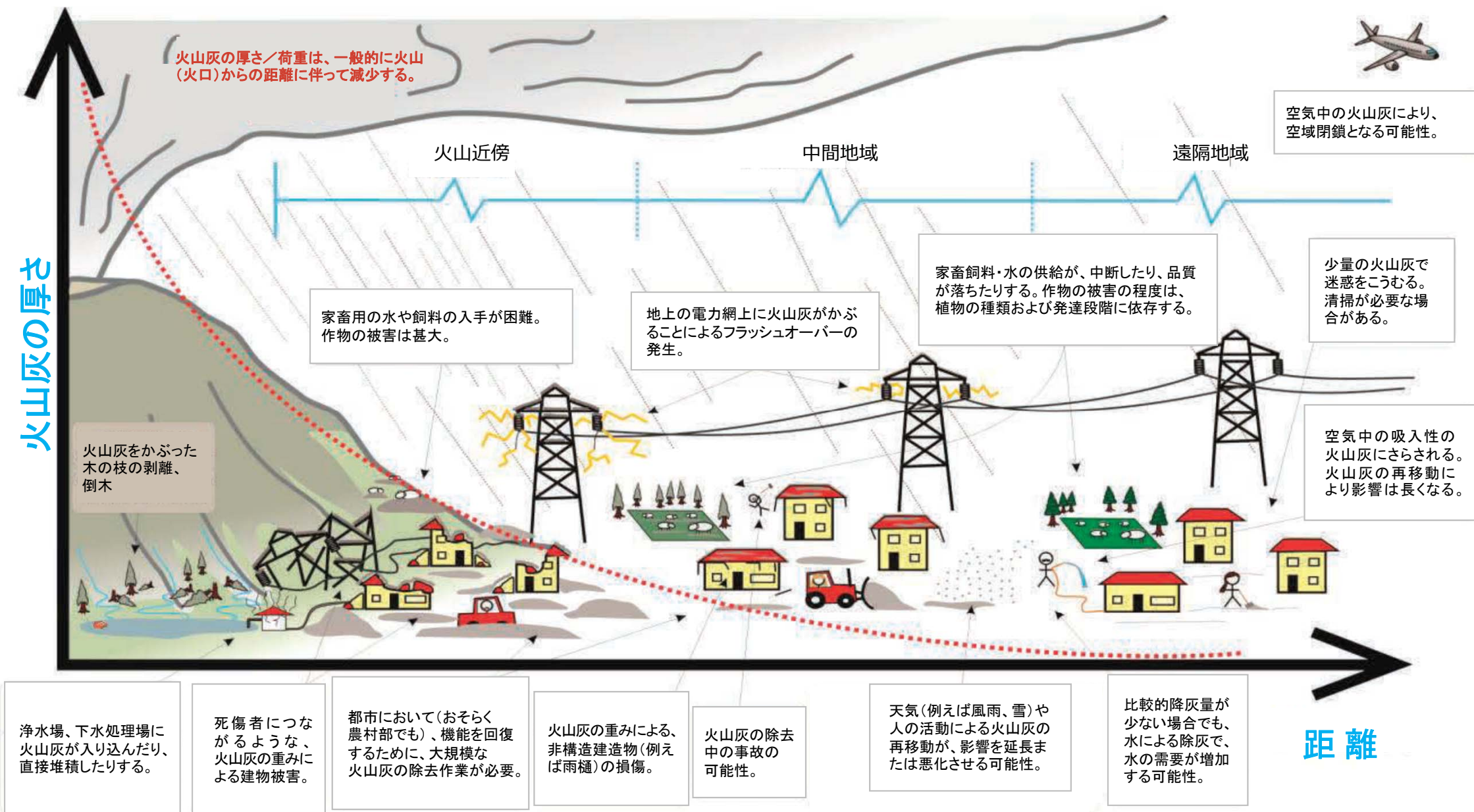
有珠山(2000年の噴火)の降灰分布



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。

(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)

- アメリカ地質調査所ホームページ, Volcanic Ash Impacts & Mitigation Roads & Highways (https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/vehicles.html).
- 防災科学技術研究所(2018)新燃岳2018年4月5日噴火の降灰調査結果(速報), http://www.bosai.go.jp/saigai/2018/pdf/20180413_01.pdf.
- Christina Magill, Thomas Wilson, Tetsuya Okada(2013)Observations of tephra fall impacts from the 2011 Shinmoedake eruption, Japan. *Earth Planets Space*, 65, p.677–698.
- Durant, Adam J., Bonadonna, Costanza, Horwell, Claire J. (2010)Atmospheric and Environmental Impacts of Volcanic Particulates, *Archieve ouvert UNIGE*, 6, 4, p. 235–240.
- 遠藤邦彦, 大野希一, 国方まり, 諸星真帆, 鈴木正章, 西村裕一, 長井大輔, 千葉達朗, 陶野郁雄(2001)有珠山2000年噴火におけるマグマ水蒸気爆発, *日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要*, 36, p.65–73
- 北海道開発局室蘭開発建設部(2001)平成12年(2000年)有珠山噴火災害報告.
- 井村隆介(2018).降灰写真を用いた簡易降灰量測定法の開発と実践, 鹿児島大学地域防災教育研究センター平成29年度報告書, <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/3072/>.
- 木佐洋志, 山越隆雄, 石塚忠範, 瀧口茂隆, 杉山光徳 (2012)2011 年霧島山(新燃岳)噴火による火山灰等堆積斜面の降雨表面流出特性について, *砂防学会誌*, 65巻6号, p.12–21.
- 気象庁(2011)霧島山 火山活動解説資料(平成23 年2月).
- 気象庁(2013a)桜島の火山活動解説資料(平成25年8月18日20時30分発表).
- 気象庁(2013b)桜島の火山活動解説資料(平成25年8月19日13時30分発表).
- 気象庁(2016)阿蘇山 火山活動解説資料(平成28 年10 月).
- 気象庁(2018)霧島山 火山活動解説資料(平成30年6月).
- 金子 隆之, 田 寛之, 高崎 健二, 安田 敦, 前野 深, 小山 悦郎, 中田 節也(2010)MTSATで捉えた浅間山2009年2月2日噴火に伴う噴煙, *火山*, 55, 2, p.119–128.
- 河合隆繁, 山川修治(2002)噴火時の気象条件が降灰分布に及ぼす影響, *日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要*, 37, p.65–74.
- 都城市(2013)総務部危機管理課 H25災害記録資料.
- 前野 深, 鈴木 由希, 中田 節, 小山 悦郎, 金子 隆之, 藤井 敏嗣, 宮村 淳一, 鬼澤 真也, 長井 雅史(2010)浅間山2009年2月2日噴火の経緯と噴出物, *火山*, 55(3), p.147–154.
- 新井田 清信, 鈴木 建夫, 勝井 義雄(1982)有珠山 1977 年噴火の推移と降下火砕堆積物, *火山*, 27(2), p.97–118.
- 下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也 編(2008)火山の事典, 朝倉書店.
- 須藤茂(2004)降下火山灰災害-新聞報道資料から得られる情報, *地質ニュース*, 604 号, p.41–65.
- 土岐成美, 井村隆介(2016)画像を用いた即時的な降灰量把握, *日本地球惑星科学連合2016年大会*.
- 土志田潔(2011)火山の基礎知識(第2回)降下火山灰の影響, *電力土木*, 352, p.121–124.
- Thomas M. Wilson , Carol Stewart, Victoria Sword-Daniels, Graham S. Leonard, David M. Johnston Jim W. Cole, Johnny Wardman, Grant Wilson, Scott T. Barnard(2011)Volcanic ash impacts on critical infrastructure, *Physics and Chemistry of the Earth*, vol45–46, p.5–23.
- 米国地質調査所USGSホームページ , (<http://volcanoes.usgs.gov/ash/build/index.html>).
- 宇井忠英 編(1997)火山噴火と災害, 東京大学出版会.
- 安田成夫, 梶谷義雄, 多々納裕, 小野寺三朗(2011)アイスランドにおける火山噴火と航空関連の大混乱, *京都大学研究所年報*, 54(A), 59–65.
- 吉本 充宏, 嶋野 岳人, 中田 節也, 小山 悦郎, 辻 浩, 飯田 晃子, 黒川 将, 岡山 悠子, 野中 美雪, 金子 隆之, 星住 英夫, 石塚 吉浩, 古川 竜太, 野上 健治, 鬼沢 真也, 新堀 賢志, 杉本 健, 長井 雅史(2005)浅間山2004年噴火の噴出物の特徴と降灰量の見積もり, *火山*, 50(6), p.519–533.
- T.M. Wilson, S.F. Jenkins, and C. Stewart(2015) Volcanic ash fall impacts, *Global Volcanic Hazards and Risk* , chapter12, p.281–288.