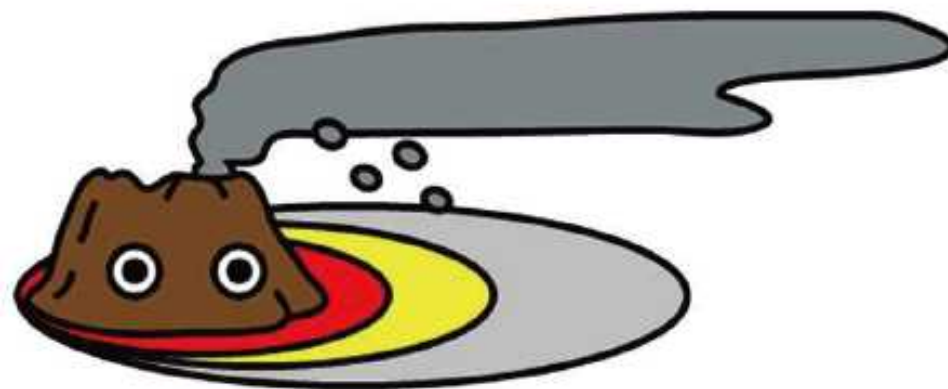


降灰予報と降灰予測技術の現状

火山噴火に伴い空から降ってくる火山灰（降灰）は、上空の風に運ばれて広い地域に及ぶとともに、降灰の量に応じて人々の生活に様々な影響を及ぼす。

気象庁では、平成20年から降灰予報の提供を開始し、平成27年3月からは「降灰予報の高度化に向けた提言※」（平成25年3月）を踏まえ、噴火後にどこにどれだけの量の火山灰が降るかについて、詳細な情報を提供している。

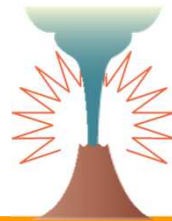
また、活動が活発化している火山では、もしも今日、噴火が起こるとしたら、この範囲に降灰があるという事前の情報も提供している。



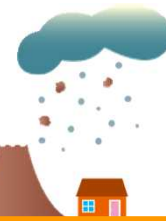
現在の降灰予報の種類と発表タイミング

(噴火と降灰のイメージ)

噴火の可能性が高まっている



火山の近くで降灰や小さな噴石の落下が始まる



火山から離れた場所で降灰が始まる



火山灰が降り積もり、降灰量によっては被害が生じる



噴火前

噴火発生(0分)

噴火直後(5~10分程度)

噴火後(20~30分程度)

「噴火していなくても定期的に発表」

「噴火したら発表」

降灰予報(定時)

- ・噴火のおそれがある火山に対して発表
- ・火山の活動状況に応じて噴煙高を仮定
- ・降灰範囲や小さな噴石の落下範囲を予測
- ・定時(3時間おき)に発表

降灰範囲

3時間ごと18時間先まで予測

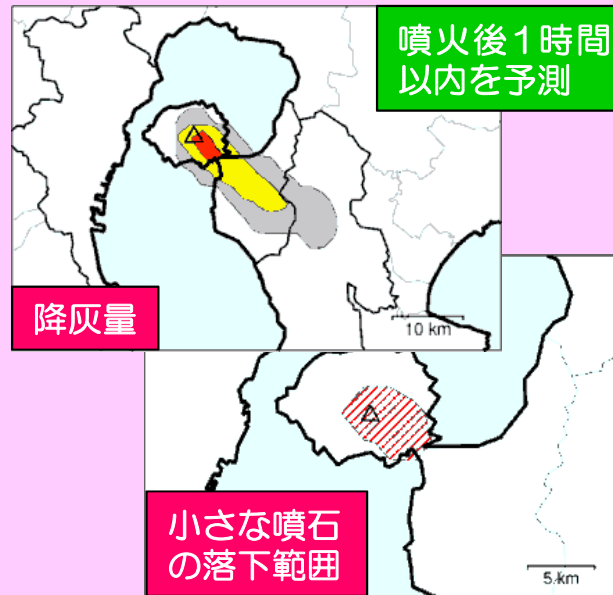


小さな噴石の落下範囲

降灰予報(速報)

- ・基準以上の降灰量が予測された場合に発表
- ・事前の計算結果より最も適当なものを抽出
- ・1時間以内の降灰量や小さな噴石を予測
- ・噴火発生後、速やかに(5~10分程度で)発表

噴火後1時間以内を予測



降灰量

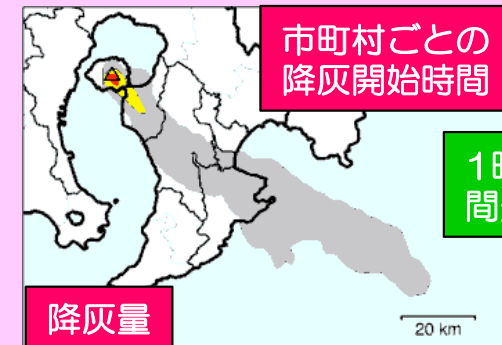
小さな噴石の落下範囲

降灰予報(詳細)

- ・基準以上の降灰量が予測された場合に発表
- ・観測した噴煙高を用いて詳細な計算を実施
- ・6時間先までの降灰量や降灰開始時間を予測
- ・噴火発生後、20~30分程度で発表

市町村ごとの降灰開始時間

1時間ごと6時間先まで予測



降灰量

- : 多量の降灰範囲
- : やや多量の降灰範囲
- : 少量の降灰範囲(①は降灰ありの範囲)
- 太線 : 降灰が予想される市町村
- 斜線 : 小さな噴石の落下範囲

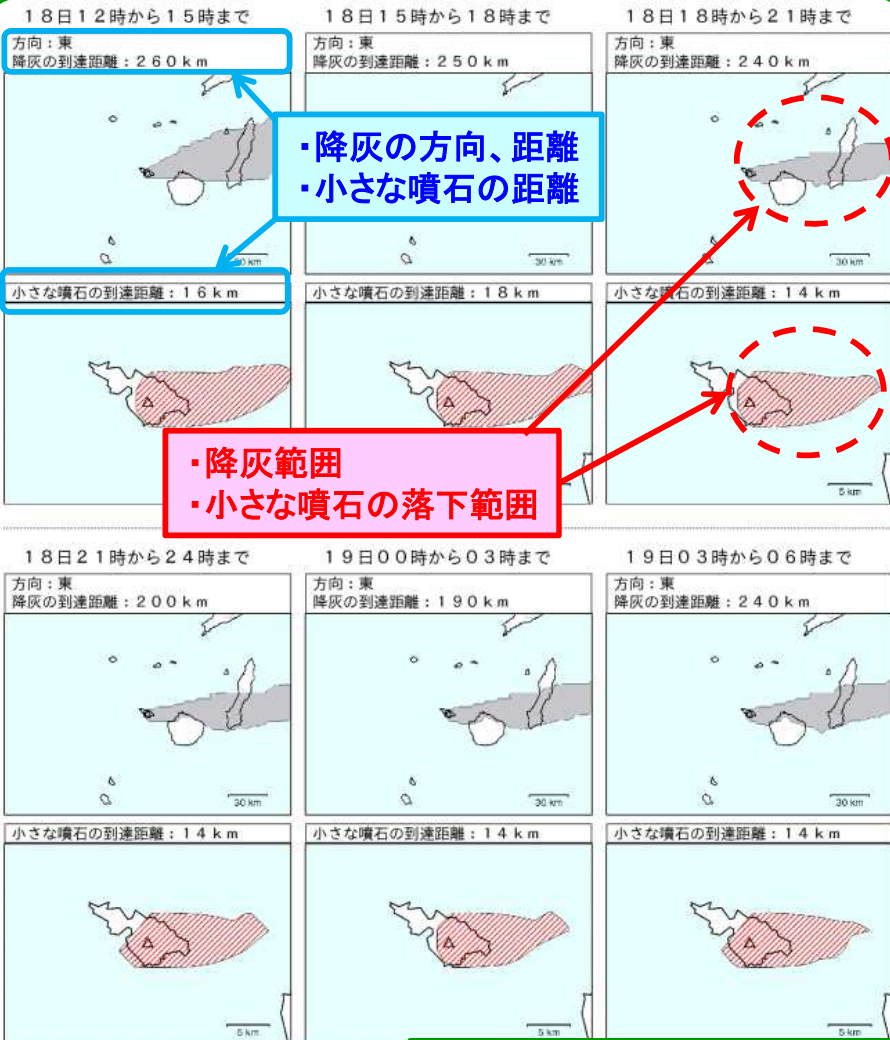
【参考】降灰予報(定時)

火山名 口永良部島 降灰予報(定時)

平成27年06月18日11時00分
気象庁地震火山部発表

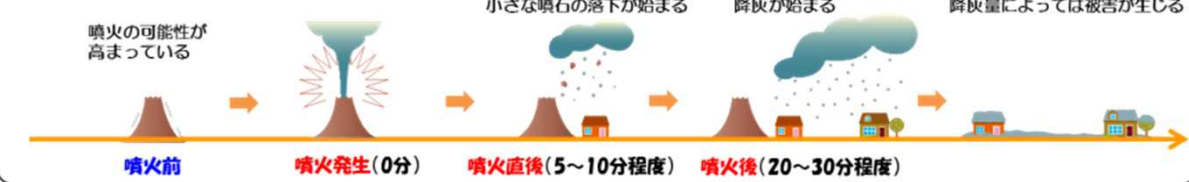
現在、口永良部島は噴火警戒レベル5(避難)です。18日12時から19日6時までに噴火が発生した場合には、以下の方向・距離に降灰及び小さな噴石の落下が予想され、18日21時から24時までは火口から東方向に降灰が予想されます。

噴煙が高さ5000mまで上がった場合の火山灰及び小さな噴石の落下範囲を示しています。噴火発生時、小さな噴石の落下が予想される範囲内では、屋内や頑丈な屋根の下などに移動してください。強風のため、遠方まで小さな噴石が流されるおそれがあります。



噴火を想定し、3時間ごと18時間先までの6通りを図示

(噴火と降灰のイメージ)



「噴火してなくても定期的に発表」

降灰予報(定時)

「噴火したとき随時に発表」

降灰予報(速報)

降灰予報(詳細)

- ・ 噴火のおそれがある火山(=噴火警報発表中の火山) 周辺住民が、計画的な対応行動をとれるようにするために発表
- ・ 噴火の発生に関わらず 定期的に発表
- ・ 噴火した場合に予想される 降灰範囲や 小さな噴石の落下範囲等を提供

利活用のイメージ



降灰に備え窓を閉めておく。
傘やマスクを用意して外出する。
洗濯物を外で干さない。 など



噴火の可能性が高い火山の周辺住民が、事前に対策をとれるようにする。

【参考】降灰予報(速報)

火山名 口永良部島 降灰予報(速報)

平成27年05月29日10時09分
気象庁地震火山部発表

29日09時59分に口永良部島(新岳)で噴火が発生し、噴煙は火口縁上9000mを超えています。火口から南東方向に火山灰が流れ、1時間以内に屋久島町では多量の降灰があり、降灰は鹿児島県屋久島町まで予想されます。また、火口から南東方向およそ10kmまでの範囲では、小さな噴石が風に流されて降るおそれがあります。

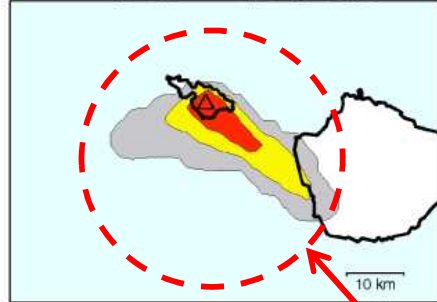
1時間以内に予想される降灰量は各市町村の多いところでの次のとおりです。
多量 鹿児島県：屋久島町

多量の降灰が予想される範囲内では、不要な外出を控えてください。
やや多量の降灰が予想される範囲内では、傘やマスク等で防灰対策をして、徐行運転を心掛けてください。
小さな噴石の落下が予想される範囲内では、屋内や頑丈な屋根の下などに移動してください。

※(参考：降灰量階級 名称・厚さ・キーワードなど)
【多量】 1mm以上 火山灰がまきあげられ視界不良
【やや多量】 0.1～1mm 火山灰が降っているのが明らか
【少量】 0.1mm未満 火山灰が降っているのがよく見えない

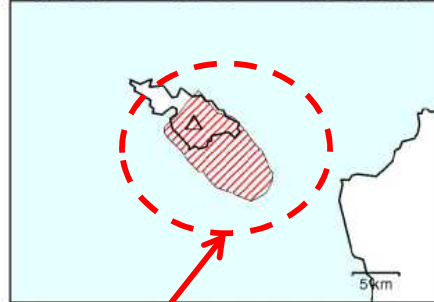
- ・降灰量(最大階級の市町村)
- ・降灰(市町村)

噴火開始から1時間以内の降灰量



●：多量の降灰
●：やや多量の降灰
●：少量の降灰
太線：降灰が予想される市町村

噴火開始から1時間以内の小さな噴石の落下範囲

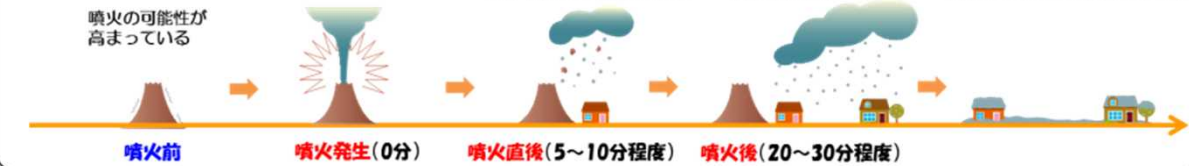


●：小さな噴石の落下範囲

- ・降灰量分布及び降灰が予想される市町村
- ・小さな噴石の落下範囲

噴火発生後から1時間以内
までを図示

(噴火と降灰のイメージ)



「噴火してなくても定期的に発表」

降灰予報(定時)

「噴火したとき随時に発表」

降灰予報(速報)

降灰予報(詳細)

- ・火山近傍の住民が、噴火後すぐ降り始める火山灰や小さな噴石への対応行動をとれるようにするために発表
- ・噴火の発生を通報する「噴火に関する火山観測報」に続いて、噴火後速やかに(5～10分程度で)発表
- ・速報性を重視して、事前に計算した想定噴火のうち最も適当なものを抽出し発表するため、予測精度は落ちる
- ・予想される降灰量分布(市町村単位)、小さな噴石の落下範囲を提供

利活用のイメージ

小さな噴石が降る範囲を把握して、速やかに建物の中に退避する。



火山近傍の住民(噴火してすぐ対応が必要な人々)に対して、速やかに降灰量及び小さな噴石の予測範囲を提供し、ただちに対応がとれるようにする。

【参考】降灰予報(詳細)

火山名 霧島山(新燃岳) 降灰予報(詳細)

平成30年03月12日18時54分
気象庁地震火山部発表

12日18時28分に霧島山(新燃岳)で噴火が発生し、噴煙は火口縁上2800mまで上がりました。火口から北東方向に火山灰が流れ、13日00時までには小林市、霧島市ではやや多量の降灰があり、降灰は宮崎県日向市まで予想されます。

13日00時までに予想される降灰量は各市町村の多いところでの次のとおりです。

やや多量 宮崎県：小林市
鹿児島県：霧島市
少量 宮崎県：宮崎市、都城市、日向市、西都市、高原町、国富町、綾町、高鍋町、新富町、木城町、川南町、都農町

予想される各市町村の降灰開始時刻は次のとおりです。

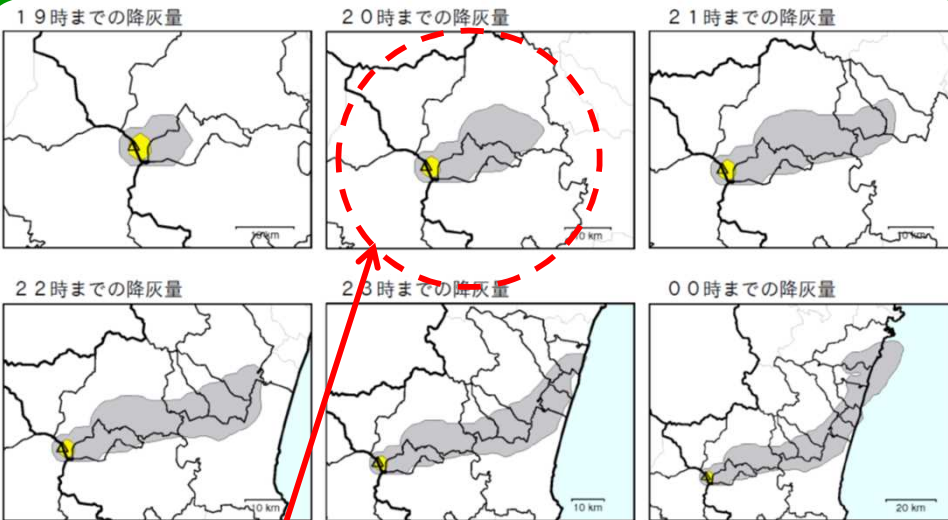
19時まで 宮崎県：都城市、小林市、高原町
鹿児島県：霧島市
21時まで 宮崎県：宮崎市、国富町、綾町
22時まで 宮崎県：西都市
23時まで 宮崎県：高鍋町、新富町、木城町、川南町
00時まで 宮崎県：日向市、都農町

やや多量の降灰が予想される範囲内では、傘やマスク等で

※(参考：降灰量階級 名称・厚さ・キーワードなど)
「多量」 1mm以上 火山灰がまきまきばらけ視界不良が明らか
「少量」 1mm以下 火山灰がまきまきばらけ視界不良がややわかり地面にうすうす積もる

降灰開始時刻(市町村)

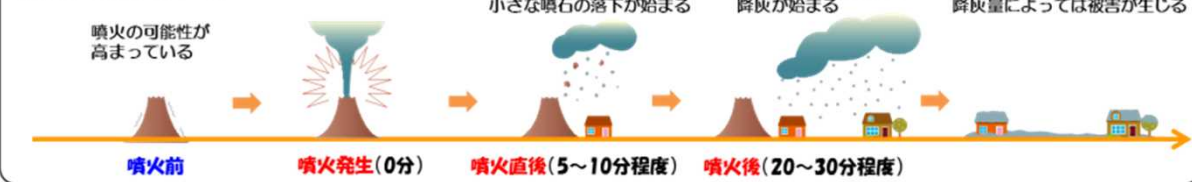
・降灰量(最大階級の市町村)
・降灰(市町村)



降灰量分布及び降灰が
予想される市町村

噴火発生から6時間先まで(1時間毎)
に予想される降灰量分布を図示

(噴火と降灰のイメージ)



「噴火していても定期的に発表」

降灰予報(定時)

降灰予報(速報)

降灰予報(詳細)

- 火山から離れた地域の住民も含め、**降灰量に応じた適切な対応行動**をとれるようにするために発表
- 発表がやや遅くなっても(噴火後20~30分)、噴火の情報を基に降灰予測計算を行い、**精度の高い降灰量分布**の予報を提供
- 予想される降灰範囲や**降灰量**、**降灰開始時間**等を市町村単位で提供

利活用のイメージ

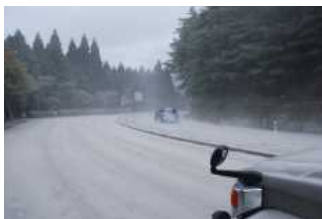
やや多量の降灰が予想される範囲
ではマスク等で防護する。



観測結果(噴煙高度)に基づいた精度の良い降灰量分布や市町村ごとの降灰開始時刻を提供し、降灰量に応じた適切な対応行動がとれるようにする。

降灰量階級表

- 降灰量の情報を、利用者に分かりやすく、防災対応が取りやすいように伝えるため、降灰量を階級で表現
- 降灰量を「**多量**」「**やや多量**」「**少量**」の**3階級**に区分し「**降灰状況**」及び「**影響及びとるべき対応行動**」を示す

名称	表現例			影響ととるべき行動		その他の影響
	厚さ キーワード	イメージ※1		人	道路	
		路面	視界			
多量	1mm 以上 【外出を控える】 降灰量(重さ) 1kg/m ² 以上	完全に覆われる 	視界不良となる 	外出を控える 慢性の喘息や慢性閉塞性肺疾患(肺気腫など)が悪化し健康な人でも目・鼻・のど・呼吸器などの異常を訴える人が出始める	運転を控える 降ってくる火山灰や積もった火山灰をまきあげて視界不良となり、通行規制や速度制限等の影響が生じる	がいしへの火山灰付着による停電発生や上水道の水質低下及び給水停止のおそれがある
やや多量	0.1mm≦厚さ<1mm 【注意】 降灰量(重さ) 0.1～1kg/m ²	白線が見えにくい 	明らかに降っている 	マスク等で防護 喘息患者や呼吸器疾患を持つ人は症状悪化のおそれがある	徐行運転する 短時間で強く降る場合は視界不良の恐れがある 道路の白線が見えなくなるおそれがある(およそ0.1～0.2mmで鹿児島市は除灰作業を開始)	稲などの農作物が収穫できなくなったり※2、鉄道のポイント故障等により運転見合わせのおそれがある
少量	0.1mm 未満 降灰量(重さ) 0.1g～0.1kg/m ²	うっすら積もる 	降っているのが ようやくわかる	窓を閉める 火山灰が衣服や身体に付着する 目に入ったときは痛みを伴う	フロントガラスの除灰 火山灰がフロントガラスなどに付着し、視界不良の原因となるおそれがある	航空機の運航不可※2

住民への注意喚起
道路の通行規制、速度制限など

健康弱者への注意喚起
道路の除灰作業の実施

※1 掲載写真は気象庁、鹿児島市(株)南日本新聞社による

※2 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による想定

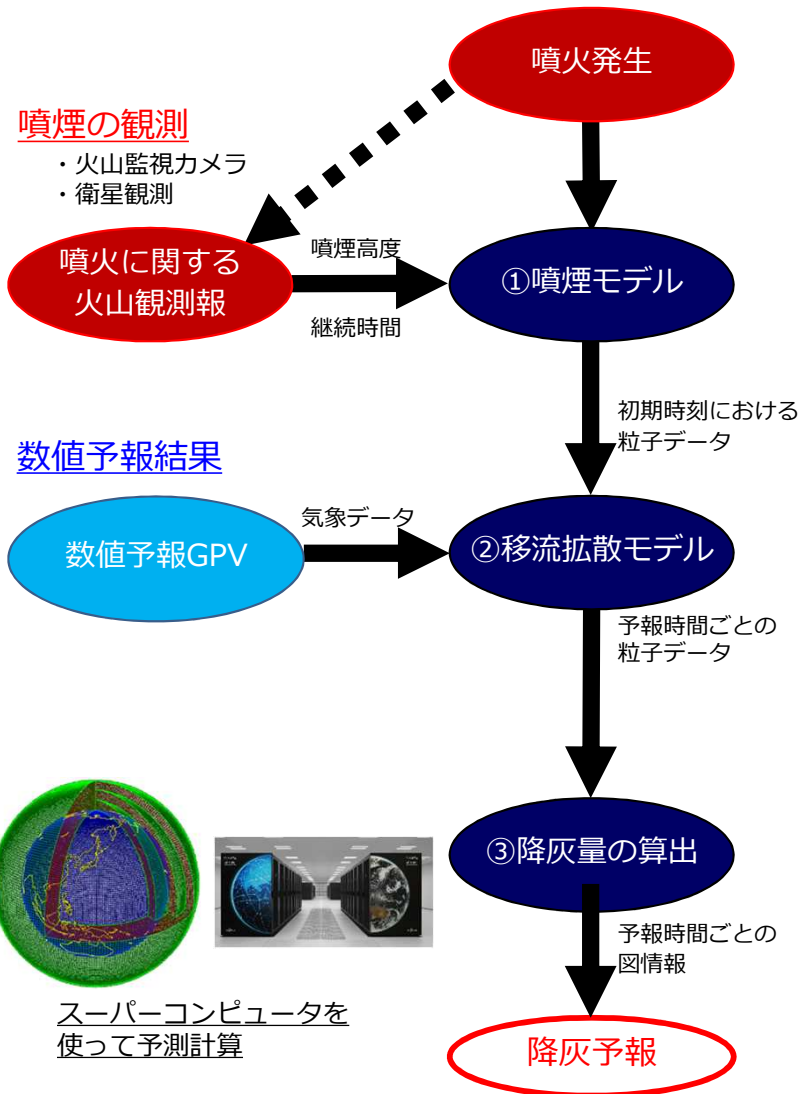
住民への注意喚起
道路の通行規制、速度制限など

健康弱者への注意喚起
道路の除灰作業の実施

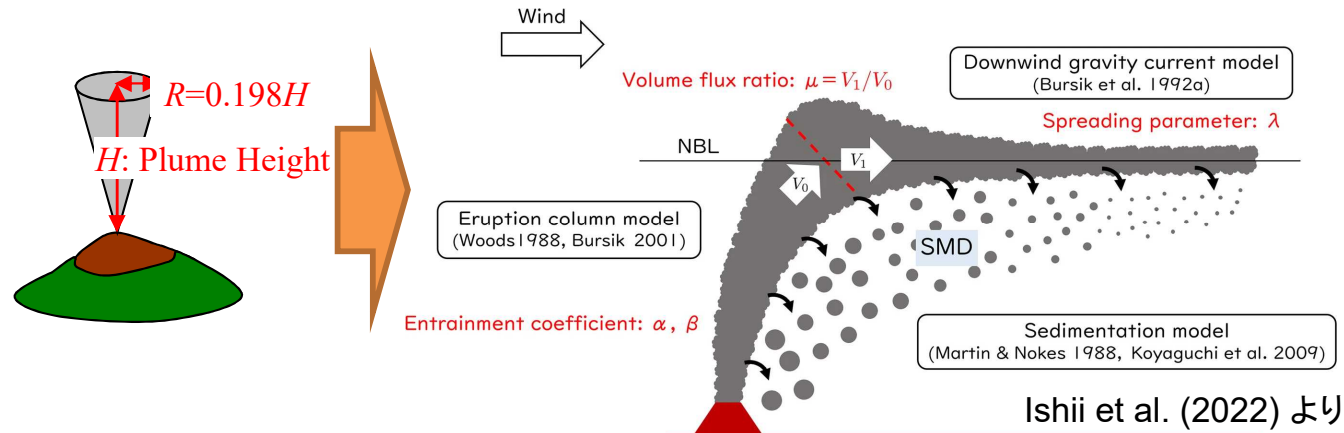
※1 掲載写真は気象庁、鹿児島市、(株)南日本新聞社による

※2 富士山ハザードマップ検討委員会(2004)による想定

気象庁降灰予報の予測計算の概要

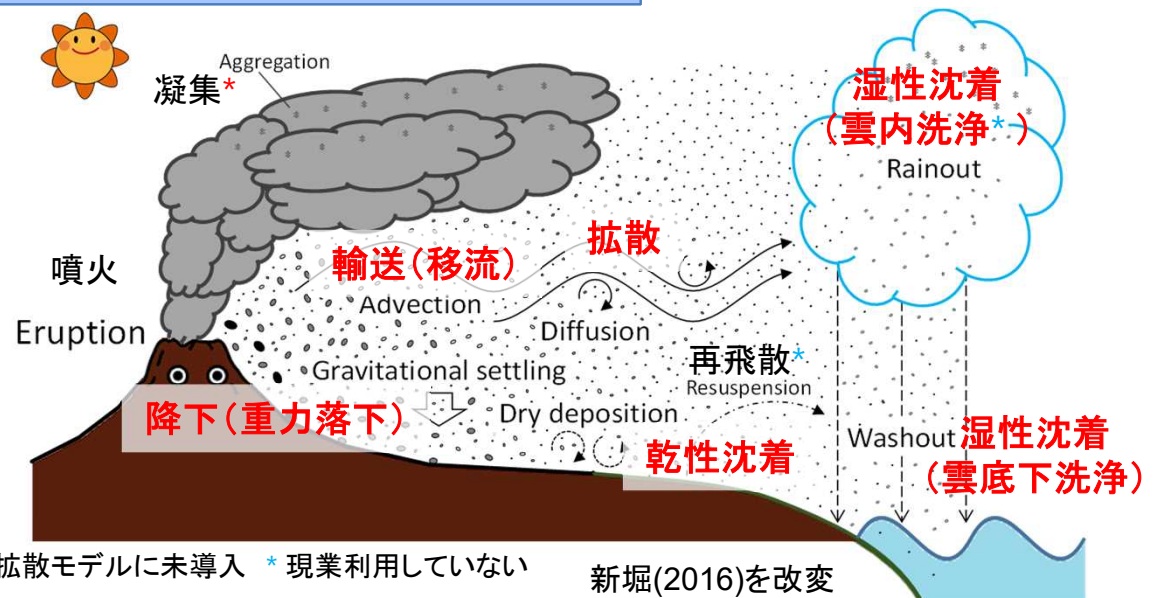


①噴煙柱モデル: Suzuki(1983) ⇒ NIKS-1D(導入予定)



噴煙の力学や周囲の大気場(風など)との相互作用を考慮

②移流拡散モデル: JMA-ATM



* 拡散モデルに未導入 * 現業利用していない

新堀(2016)を改変

(1) 噴出量

噴煙の観測

- ・火山監視カメラ
- ・衛星観測

噴火に関する
火山観測報

噴煙高度

継続時間

噴火発生

(3) 予測計算

①噴煙モデル

初期時刻における
粒子データ

②移流拡散モデル

予報時間ごとの
粒子データ

③降灰量の算出

予報時間ごとの
図情報

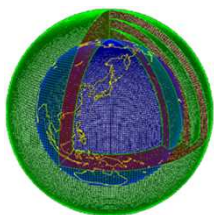
降灰予報

(2) 気象データ

数値予報結果

数値予報GPV

気象データ



スーパーコンピュータを
使って予測計算



(1) 噴出量の誤差

- ・気象庁では、噴煙高度や噴火継続時間から噴出量を見積もっている。
- ・大規模噴火の開始前や噴火直後において、噴火規模や様式、活動推移を正確に予測することは現在の科学技術では困難であり、仮定の噴煙高度や噴火継続時間を用いることで誤差が生じる。
⇒ **最も影響が大きいと考えられる誤差**
- ・その他、監視カメラによる測定や衛星画像による高度推定等において誤差が生じる。

(2) 気象データの誤差

- ・気象データについては、局地モデル（2kmメッシュ）もしくはメソモデル（5kmメッシュ）の予測値を用いている。
- ・一般的には、予測期間が長くなるほど誤差は大きくなる。

(3) 予測計算の誤差

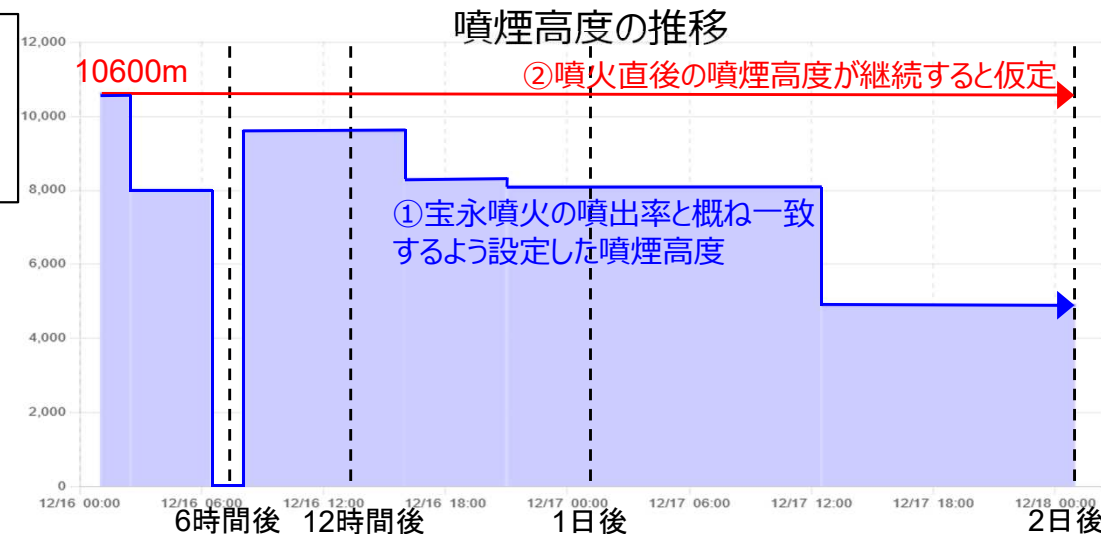
- ・気象庁では、噴煙モデルや移流拡散モデルについて最新の研究成果を導入し、スーパーコンピュータを使って予測計算を行っている。
- ・実際の現象や地形をモデル化して数値計算を行うことによって誤差が生じる。

仮定の噴煙高度や噴火継続時間を用いることで生じる誤差

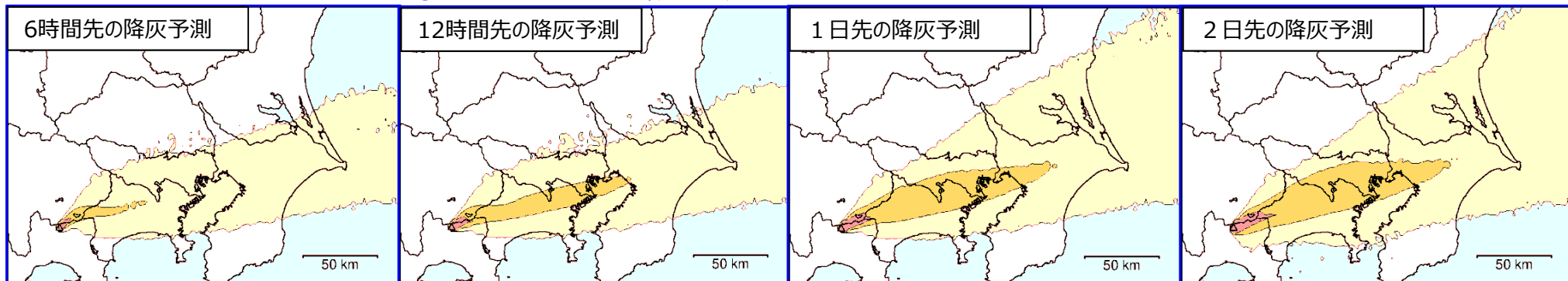
噴火の推移の予測が困難な状況において、噴煙高度（噴煙レート）を一定（噴火直後の噴煙高度が継続）と仮定した予測計算では、どの程度の誤差が生じるか検証を行った。

・噴煙高度は、以下の2つのケースを利用（右図参照）

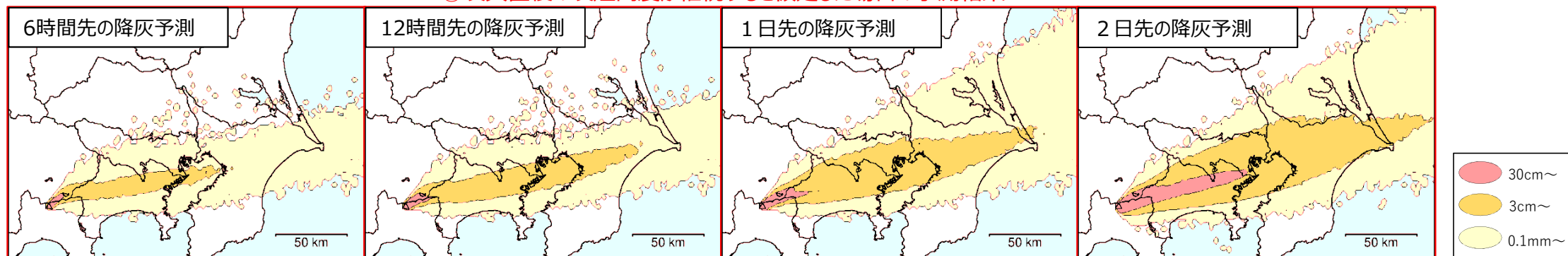
- ① Miyaji et al. (2011)による宝永噴火の噴出率と概ね一致するよう、NIKS-1D（本シミュレーションにて使用したモデル）で設定した噴煙高度（噴火直後から2日後まで）
- ② 噴火直後の噴煙高度（10600m）が2日間継続すると仮定
- ・気象場は、平成30年12月16日～2日間のメソ解析値を利用



①宝永噴火の噴出率と概ね一致するよう設定した噴煙高度を用いた予測結果



②噴火直後の噴煙高度が継続すると仮定した場合の予測結果



⇒仮定の噴煙高度・噴火継続時間を用いる場合、**予測時間が長くなる程、誤差大**となる。

情報の発表タイミングと提供可能な予報時間等

大規模噴火の発生後、それぞれのタイミングで以下のような情報を提供可能

- 予測の不確実性や計算時間を踏まえた**予測時間・発表タイミング(赤字)**については、資料4 検討課題3で議論

発表タイミング	噴火後30～40分程度 (大規模噴火と判断された直後)	噴火後40分程度～2時間程度 (大規模噴火と判断された後、予測計算を実施)
作成手法	観測された噴煙高度をもとに、事前に計算した結果から近い条件を抽出	観測された噴煙高度をもとに予測計算
予測時間	2時間	6時間～2日間
仮定する噴火の継続時間		
入力する気象データ	LFM(局地数値予報モデル)	MSM(メソ数値予報モデル)
噴煙の拡散予測に係る計算時間(仮)	0分(事前計算を行うため)	5分程度～1時間程度

(参考)現行の降灰予報	降灰予報(速報)	降灰予報(詳細)
発表タイミング	噴火後5～10分程度	噴火後20～30分程度
作成手法	観測された噴煙高度をもとに、事前に計算した結果から近い条件を抽出	観測された噴煙高度をもとに予測計算
予測時間	1時間	6時間
仮定する噴火の継続時間	単発噴火(10分)	単発噴火(10分) (連続噴火の場合は常に同じ高さの噴煙が継続すると仮定)
入力する気象データ	LFM(局地数値予報モデル)	LFM(局地数値予報モデル)
噴煙の拡散予測に係る計算時間	0分(事前計算を行うため)	5分程度