

2011 年霧島山新燃岳噴火における降灰観測と予測

Tephra Fall Observation and Prediction of the 2011 Shinmoedake Eruptions

鬼澤真也¹・新堀敏基¹・福井敬一²・安藤 忍¹・弘瀬冬樹¹・木村一洋¹・吉田康宏³・
岩切一宏⁴・吉田知央⁵・山本哲也⁶・吉川澄夫¹
Shin'ya ONIZAWA¹, Toshiki SHIMBORI¹, Keiichi FUKUI², Shinobu ANDO¹, Fuyuki HIROSE¹,
Kazuhiro KIMURA¹, Yasuhiro YOSHIDA³, Kazuhiro IWAKIRI⁴, Tomohisa YOSHIDA⁵,
Tetsuya YAMAMOTO⁶, and Sumio YOSHIKAWA¹

(Received August 12, 2012; Accepted March 18, 2013)

1 はじめに

2011 年 1 月 26 日に始まった霧島山新燃岳の本格的マグマ噴火を受けて、気象研究所では 1 月末から 3 月末にかけて降灰観測を実施した。同研究所にて研究を進めている噴火による火山灰輸送過程の理解と降灰予測の高度化（例えば、新堀・他、2010）に向けて、その検証データを取得することを目的とした。

火山灰輸送、降灰の理論モデルは、その空間分布と時間変化との 2 つの側面から実測値と比較検証されなければならない。2011 年新燃岳噴火に伴う降灰分布や噴出量に関しては、他機関の精力的な調査によりすでに報告されている。1 月 26 日から 27 日の準プリニー式噴火においては、稀に見る高空間分解能で降灰分布が測定され（古川・他、2011）、オンラインの気象庁非静力学モデルを用いた数値シミュレーションによりその再現が試みられた（Hashimoto et al., 2012）。さらに 2 月以降に発生した断続的な噴

火についても、個々の噴火に対応した降灰分布の調査や総噴出量の推定がなされている（産業技術総合研究所・アジア航測(株)、2011; 東京大学地震研究所・防災科学技術研究所、2011）。一方、本調査ではむしろ映像データにより噴煙移動を把握するとともに火山灰の降下時刻の同定を試み、火山灰輸送過程の理解と降灰予測の高度化に資することを目指した。このため、映像観測を実施し噴煙画像解析を行うとともに、機会を得られた噴火では高時間分解能での降灰連続採取を試みた。

ここでは、はじめに降灰調査の概要を記述する（2 章）。続いて、高時間分解能での降灰採取を行うことのできた 2 月 18 日噴火を事例にとり、可視画像、気象レーダー、風向などの観測量を比較するとともに、オフラインの火山灰移流拡散モデルに基づく数値シミュレーション結果について報告する（3 章）。なお、火山灰輸送を理解する上でその粒度が重要なパラメータとなるが、その定量的な議論は別の稿に譲り、

¹ 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute

² 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute
現所属: 地磁気観測所, Kakioka Magnetic Observatory

³ 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute
現所属: 文部科学省研究開発局地震・防災研究課, Earthquake and Disaster-Reduction Research Division, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology – Japan

⁴ 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute
現所属: 地震火山部地震予知情報課, Earthquake Prediction Information Division, Seismology and Volcanology Department

⁵ 気象研究所企画室, Office of Planning, Meteorological Research Institute
現所属: 総務部情報利用推進課, Private Sector Development Division, Administration Department

⁶ 地磁気観測所, Kakioka Magnetic Observatory
現所属: 気象研究所地震火山研究部, Seismology and Volcanology Research Department, Meteorological Research Institute

Table 1 List of tephra sampling points referred to in this report. Azimuths and horizontal distances are measured from the crater of Shinmoedake.

Code	Period		Latitude			Longitude			Altitude [m]	Azimuth [°]	Dist. [km]	Location
	From	To	°	'	"	°	'	"				
Fixed Points												
T01	Jan. 30	15 ^h 00 ^m	Mar. 30	12 ^h 15 ^m	31 54 22.3	130 57 38.0	341	94.3	7.4	Ohjibaru Park		
T02	Jan. 29	15 ^h 10 ^m	Mar. 30	13 ^h 28 ^m	31 52 40.9	130 58 33.8	370	112.6	9.6	Miike Miyazaki Nature House for Youth		
T03	Jan. 30	14 ^h 07 ^m	Mar. 29	11 ^h 11 ^m	31 52 37.9	130 57 46.2	398	116.4	8.5	Koike Path		
T04 a	Jan. 29	14 ^h 10 ^m	Feb. 18	10 ^h 02 ^m	31 51 50.8	130 56 48.4	529	130.6	8.0	Miike Elementary School		
	b	Feb. 18	10 ^h 06 ^m	Mar. 30	11 ^h 52 ^m	31 51 53.0	130 56 45.0	541	130.6	7.9		
T05	Jan. 29	18 ^h 20 ^m	Mar. 29	14 ^h 56 ^m	31 51 37.4	130 55 5.6	593	148.9	6.6	Kamigamizo		
T06	Feb. 18	13 ^h 30 ^m	Mar. 30	17 ^h 25 ^m	31 50 40.9	130 52 21.5	449	187.1	7.4	Kirishima Royal Hotel		
T07 a	Feb. 1	15 ^h 21 ^m	Feb. 18	16 ^h 33 ^m	31 49 27.9	131 2 42.6	198	122.0	18.2	Ichido-ga-oka Park		
	b	Feb. 18	16 ^h 53 ^m	Mar. 29	14 ^h 00 ^m	31 49 32.9	131 2 36.1	213	121.9	17.9		
High-rate Sampling of Feb. 18 Eruption Tephra												
H08	Feb. 18	18 ^h 39 ^m	Feb. 19	15 ^h 03 ^m	31 50 48.9	130 52 57.2	464	179.8	7.1	Yumemi-ga-oka Parking		

本稿で扱う降灰試料の測定量は質量までとする。

2 降灰調査および質量分析

2.1 試料の採取

1月26日の準プリニー式噴火発生から3日経過した同29日から現地における調査を開始した。主に北西からの季節風の風下に当たる東麓から南麓にかけてを調査域とした。このうち数ヶ所に降灰調査定点を設け、期間中連続的に試料を採取した。その他、噴火活動や風向に応じて、臨時的な降灰トラップによる試料採取や降下中の火山灰の高時間分解能での採取も行った。Table 1には試料採取を行った調査点のうち本報で扱う主要な点のリストを、Fig. 1にはそれらの位置を示す。T01からT07までが定点、H08は2月18日噴火の際に高時間分解能で連続採取した点である。定点のうち、T03（小池林道入口）およびT05（神ヶ溝）は期間中の前期および後期のみを観測である。また、T06（霧島ロイヤルホテル）は、2月18日の風向の状況から、当日に発生した噴火の直前より降灰観測を開始したが、調査期間内に限ると、18日以前に有意な降灰は認められず、3月末までほぼもれなく降灰を採取出来ていると考えられる。その他のT01（皇子原公園）、T02（御池青少年自然の家）、T04（御池小学校）、T07（一堂ヶ丘公園）は、容器破損等による欠測を除き、観測期間を通して試料採取を行った。なおT04およびT07は観測環境の観点からともに2月18日に移設している。

定点における降灰トラップには主に洗面器、ステンレスパッド等の容器を使用し、一部の点では同時

にブルーシートやステンレス板も併用した。降水により試料が湿潤状態にある場合は、現地では水ごと回収した後、実験室で乾燥させた。多量の水を含む場合は乾燥前に一度フィルターにより濾過している。この場合、泥サイズ程度の細粒部分については欠損していると考えられる。

ブルーシートやステンレス板の場合、面積を大きく取ることが出来るため、単位面積当たりの降灰量が少量の場合でも採取出来る試料が増えるため計量しやすくなる反面、風雨により試料が容易に流出してしまう。このため、容器による試料採取を優先し、

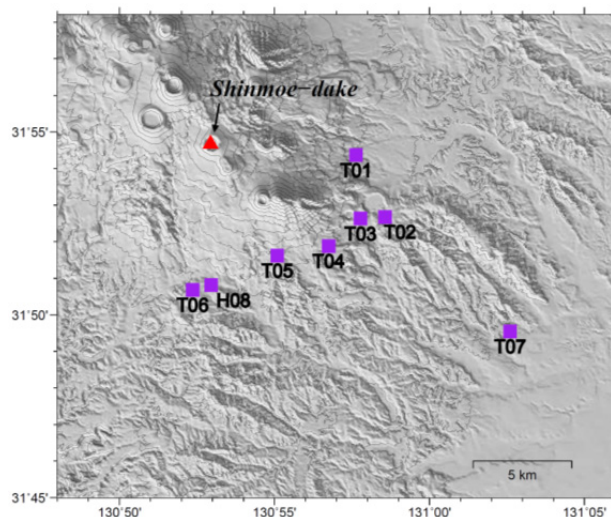


Fig. 1 Topographic map of the area around the Kirishimayama volcanoes and tephra sampling sites. Squares indicate the tephra sampling points listed in Table 1. The triangle indicates the Shinmoedake volcano. A 50-meter-grid digital elevation model (DEM) by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI) was used to draw the topographic relief map.

降灰を短時間で回収できた場合や、何らかの理由により容器で採取出来なかった場合にブルーシートやステンレス板で採取した試料を用いた。

2.2 質量分析

採取時点ですでに湿潤状態にさらされた試料、および3章で記す2月18日噴火の試料については、110℃のオーブンで12時間以上乾燥させた上で質量を測定した。その他の噴火については試料採取時点で降水の痕跡が認められない場合は自然状態での質量を測定している。なお、一部の試料について自然質量と乾燥質量とを測定したところ、それらの差は0.1から9.6%であり、ほぼ10%以内に収まると考えられる。

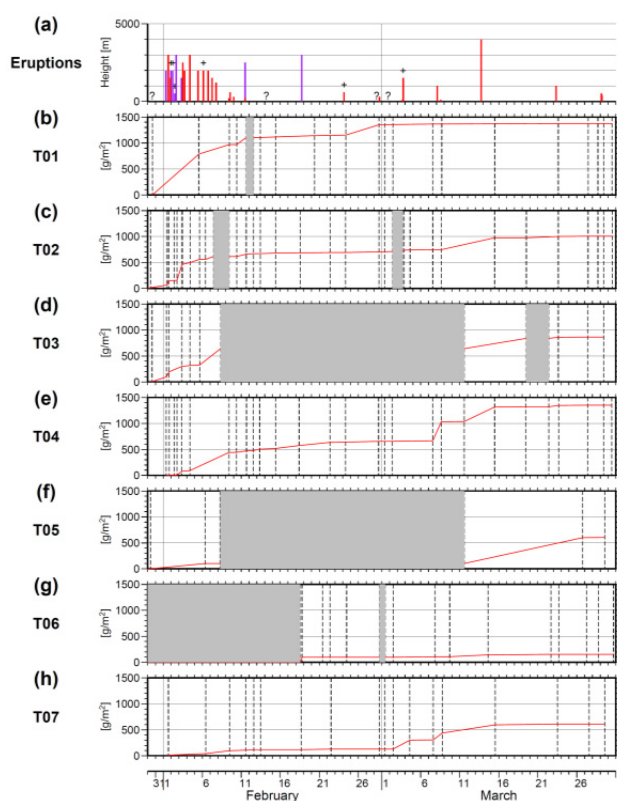


Fig. 2 Eruptive activities and cumulative tephra falls from January 30 to March 30. (a) Eruptive events and their plume heights. The plume height of each eruption is shown by a red or purple bar. Purple bars indicate explosive events. Events with + symbol above a bar indicate their plume exceeded the height shown by the bar scale. Question marks denote eruptive events for which the plume heights are unknown. (b) – (h) Cumulative tephra fall in g/m^2 at each fixed site. Vertical broken lines indicate sampling times. Shaded parts show periods when data were not sampled.

2.3 積算降灰量

1月26日、27日の準プリニー式噴火後、連続的に火山灰の放出が続いていたが、1月31日午後にはほぼ停止し、2月1日からは断続的な噴火活動に移行した。我々が定点にて測定を行った時期のほとんどが断続的噴火活動期に相当する。噴火間隔が開いていった2月中旬以降は、それぞれの噴火に対応する降灰をほぼ識別できるようになった (Fig. 2)。降灰域は噴火時の風向・風速に大きく依存するため、噴火毎に降灰量の大きい場所は異なるが、3月末までの積算降灰量は火口からの距離が7.4 kmから9.6 kmのT01, T02, T04にて $1,004 \text{ g}/\text{m}^2$ から $1,376 \text{ g}/\text{m}^2$ と大きな差はなかった。また、火口距離がこれらの約2倍であるT07で、およそ半分の $611 \text{ g}/\text{m}^2$ である。

なお、T01, T02, T04では定点設置時に、1月26日、27日準プリニー式噴火噴出物にほぼ対応する堆積物も採取し、質量を測定している。それぞれ4,800, 5,900, $53,000 \text{ g}/\text{m}^2$ でT04が前二者に対して10倍程度多い。従って、断続的噴火に移行してからの降灰量は、連続的噴火期に対し、それぞれ約1/3, 1/6, 1/40となる。

3 降灰予測の検証—2月18日噴火の事例—

2月18日の噴火は18時16分に開始した。噴火当時の遠望観測によれば、火山弾は火口から約1 km飛散し、噴煙は火口縁上3.0 kmに達し南に流れるのが確認された。この噴火により、新燃岳南西約3 kmの湯之野では31 Paの空振を観測した(気象庁, 2011)。この噴火では、1地点で降灰の開始から終了まで複数の時間ステップで試料の採取を行うことができた。ここでは、可視画像、レーダーエコーなどの他の観測量と降灰時刻との関係をまとめ、火山灰移流拡散モデルによる降灰予測の検証を行う。

3.1 遠望・目視観測, 風向

鹿児島県の大浪池カメラでは18時16分44秒、気象庁の猪子石(いのこいし)カメラでは同46秒に噴火開始を確認できる。降灰連続採取を行った地点(H08)からの目視観測によれば、火口から出た噴煙は高度を上げながら南西方向へ流れ、その後東へ大きく向きを変えた (Photo 1)。噴煙高度は、噴火直後の速報値として火口縁上3.0 kmと報告されたが、鹿

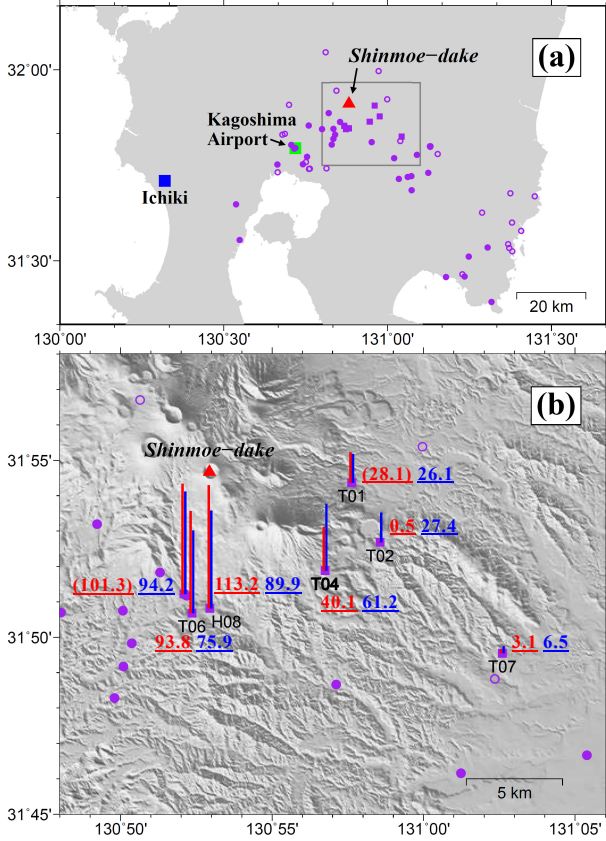


Fig. 3 Observed and predicted tephra falls of the February 18 eruption. Purple squares show locations where tephra falls were sampled and for which masses were measured for this report. Solid and open purple circles indicate locations where tephra falls were observed and were not observed, respectively (reported by JMA-MOT). The red triangle indicates the Shinmoedake volcano. (a) Southern Kyushu area. Blue and green squares show locations of the wind profiler at Ichiki and the radar site at Kagoshima Airport, respectively. The gray rectangle shows the area of (b). (b) Around the Kirishimayama volcanoes. Bar heights and numerals indicate observed (red) and predicted (blue) tephra falls in g/m^2 . The mass at each site was measured for dry samples except for the two natural samples shown by bracketed numerals. Predicted tephra falls are for the revised release constant ($\beta=0.017$). A 50-meter-grid DEM by GSI was used to draw the topographic relief map.

児島空港に設置された超高感度カメラ（以下、鹿児島空港カメラ）の遠望観測画像を用いた詳細な事後解析によれば、最高高度は海拔 5.9 km（火口縁上 4.4 km）に達していたと推定される。噴火開始が夕刻であったため、18 時 30 分を過ぎると目視による噴煙の確認は困難になってきたが、猪子石の高感度カメ

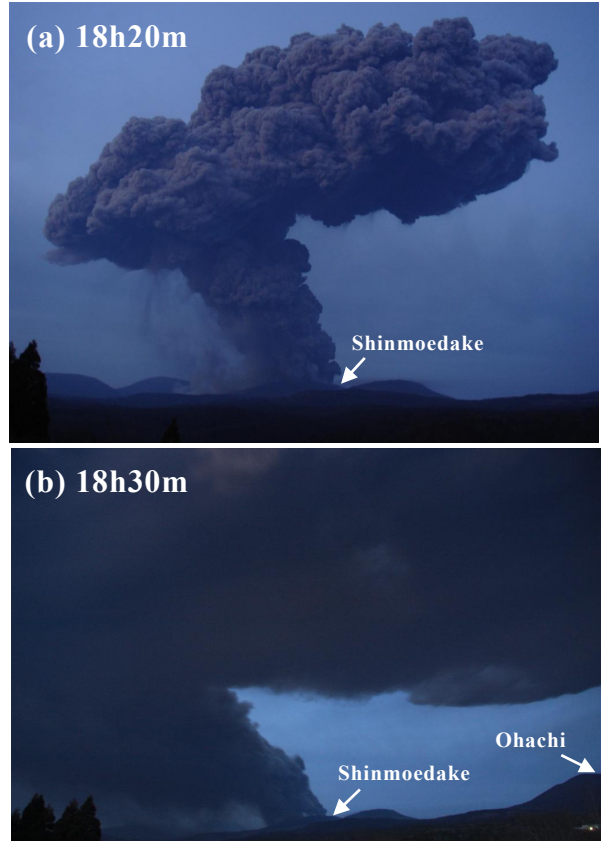


Photo 1 Picture of the February 18 eruption cloud taken from the high-rate tephra sampling point H08, 7.1 km south of the Shinmoedake volcano.

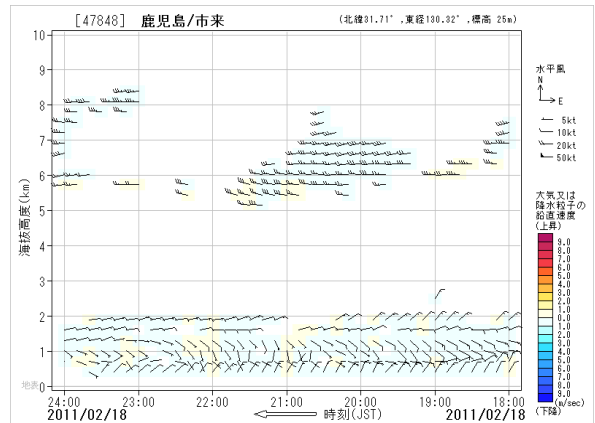


Fig. 4 Wind direction and speed in the period from 18:00 (JST) to 24:00 (JST) on February 18, observed by the wind profiler in Ichiki, 58 km WSW of the Shinmoedake volcano.

ラでは、噴煙が徐々に弱まりながらも継続し、南西方向に流れていることが確認できる。

新燃岳から西南西 58 km の鹿児島県市来のウィンドプロファイラ (Fig. 3a の ■) では、噴火発生時刻前後において、海拔 2 km で約 15 kt (8 m/s) の北東

Table 2 List of samples obtained by high-rate tephra sampling at H08. M/A indicates mass per unit area of tephra fall in g/m^2 . Rate indicates tephra deposition rate in $\text{g}/\text{m}^2/\text{minute}$.

Sample No.	Time		Duration	M/A [g/m^2]	Rate [$\text{g}/\text{m}^2/\text{min}$]
	From	To			
1	Feb. 18 18 ^h 39 ^m 10 ^s	Feb. 18 18 ^h 43 ^m 50 ^s	0 ^h 04 ^m 40 ^s	7.7	1.65
2	Feb. 18 18 ^h 43 ^m 50 ^s	Feb. 18 18 ^h 48 ^m 20 ^s	0 ^h 04 ^m 30 ^s	41.2	9.15
3	Feb. 18 18 ^h 48 ^m 20 ^s	Feb. 18 18 ^h 53 ^m 50 ^s	0 ^h 05 ^m 30 ^s	35.1	6.38
4	Feb. 18 18 ^h 53 ^m 50 ^s	Feb. 18 19 ^h 00 ^m 10 ^s	0 ^h 06 ^m 20 ^s	24.1	3.81
5	Feb. 18 19 ^h 00 ^m 10 ^s	Feb. 18 19 ^h 08 ^m 50 ^s	0 ^h 08 ^m 40 ^s	4.9	0.56
6	Feb. 18 19 ^h 08 ^m 50 ^s	Feb. 18 19 ^h 21 ^m 30 ^s	0 ^h 12 ^m 40 ^s	0.0	0.00
7	Feb. 18 19 ^h 21 ^m 30 ^s	Feb. 18 21 ^h 47 ^m 00 ^s	2 ^h 25 ^m 30 ^s	0.0	0.00
8	Feb. 18 21 ^h 47 ^m 00 ^s	Feb. 19 00 ^h 28 ^m 30 ^s	2 ^h 41 ^m 30 ^s	0.2	0.00
9	Feb. 19 00 ^h 28 ^m 30 ^s	Feb. 19 15 ^h 03 ^m 00 ^s	14 ^h 34 ^m 30 ^s	0.0	0.00
Total			20^h23^m50^s	113.2	

風、海拔 6 km 付近で約 35 kt (18 m/s) の西風となる鉛直シアが観測されている (Fig. 4).

3.2 気象レーダー

種子島、福岡および鹿児島空港のドップラー気象レーダーによって、本噴火の噴煙エコーが捉えられている (新堀・他, 2013). 種子島・福岡合成レーダーでは 18 時 18~19 分に火口直上で海拔 5.2 km, 21~29 分に南東方向で海拔 4.4 km の噴煙エコーを捉えている. 一方、鹿児島空港レーダー (Fig. 3a の ■) では、18 時 18~19 分に火口直上で海拔 4.4 km, 23~25 分に南西から南東方向に高度を上げながら海拔 5.4 km の噴煙エコーを観測した. なお、同 29 分以降、噴煙エコーはいずれのレーダーでも捉えられていない.

3.3 降灰調査

3.3.1 分布

鹿児島、宮崎地方気象台および福岡管区気象台による機動調査班 (JMA-MOT) がとりまとめた聞き取り・現地調査の集計によれば、本噴火による降灰は新燃岳から南東方向および南西方向に分布した (Fig. 3 の ■ および ●). 気象研究所による調査では、新燃岳南方約 7 km の 3 地点で $100 \text{ g}/\text{m}^2$ 程度の降灰が観測されている. これらの測定点では砂サイズの火山灰に混ざってより細粒の火山灰が凝集して堆積している場合も認められた.

3.3.2 時間変化

降灰時刻の特定のために、新燃岳南 7.1 km 地点

H08 (夢見が丘駐車場; Figs. 1, 3(b)) にて降下中の火山灰の連続的な採取を行った. 噴火開始確認後、同地点にて降灰開始前から試料採取用の容器を設置した. 最初に降灰を確認したのは 18 時 16 分の噴火開始から 22~23 分経過した 18 時 39 分 10 秒である. その後、5 分程度の時間間隔で容器を交換し、降灰量の減少に伴い徐々に交換の間隔を伸ばしながら翌 19 日 15 時まで連続的に試料を採取した. 容器交換時の時刻誤差は 5 秒以内におさめている. 期間中の総降灰量は乾燥質量で $113.2 \text{ g}/\text{m}^2$ であり、このうち最初に降灰を確認した 18 時 39 分から 19 時 08 分ま

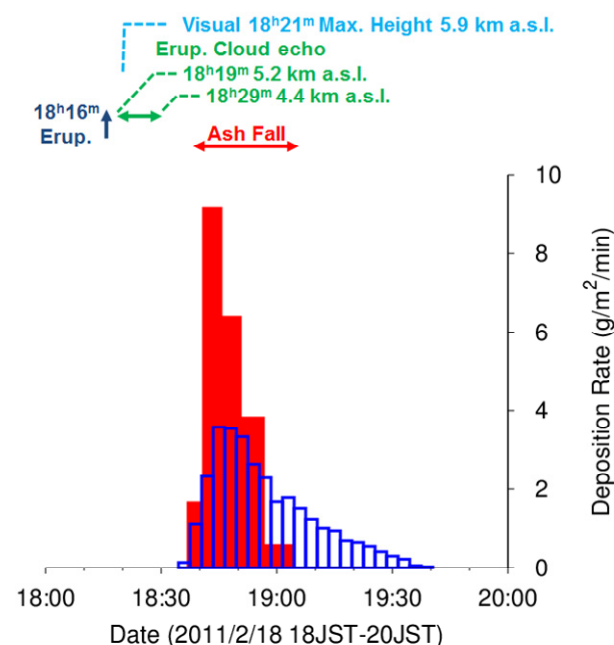


Fig. 5 Temporal variations of tephra deposition rate observed (red bars) and predicted (blue boxes) at H08, 7.1 km south of the Shinmoedake volcano. Predicted deposition rates are for the revised release constant ($\beta = 0.017$).

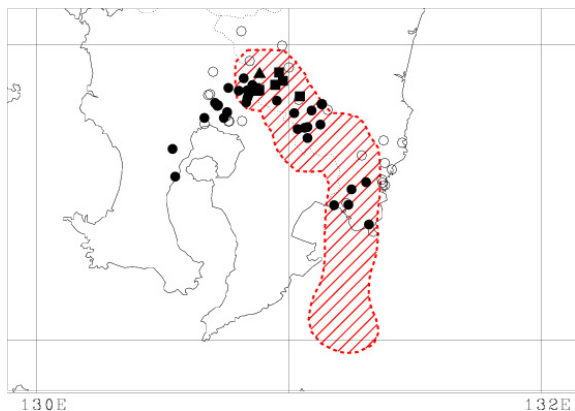


Fig. 6 Tephra fall forecast (released at 18:40 (JST) February 18, 2011) for the Shinmoedake volcano. Forecast time is 00:00 (JST) February 19, 2011. Solid squares (■) and circles (●) show locations where tephra falls were observed, while open circles (○) indicate locations where tephra falls were not observed.

での 29 分間にその 99 %以上が堆積している (Table 2).

なお、短時間で計量可能な試料を採取するためには採取面積の大きい容器が望ましい。採取面積と現地での取り回しのし易さから容器としてフードトレイを用いた。

3.4 時系列

18 時 16 分の噴火開始から、鹿児島空港カメラから求めた噴煙高度 (3.1 節)、気象レーダーの噴煙エコー頂 (3.2 節) および H08 における降灰量 (3.3 節) を時系列にまとめたものが Fig. 5 である。鹿児島空港に設置された超高感度カメラからは、噴火発生後徐々に噴煙が上昇し、同 21 分頃に最大高度の海拔 5.9 km に達していることが認められる。画像から判断すると、海拔高度およそ 3 km 以上に上昇した噴煙が東あるいは南東方向へ流されている。これはウィンドプロファイラで捉えられた上層の西風に対応し (Fig. 4)、新燃岳南東方向の降灰主軸を作ったと考えられる。この噴煙に対応して同 18 分から 29 分まで噴煙エコーが捉えられているが、H08 で降灰を確認しはじめた 18 時 39 分にはすでにエコーは捉えられていない。一方、今回の噴火では南西方向へも降灰軸が伸びており、上述の JMA-MOT の聞き取り・現地調査によれば、新燃岳南西 20 km の鹿児島空港にて 19 時 10 分から降灰が始まり同 30 分時点でも降灰が継続していた。これは下層の北東風による

ものと考えられ、主に噴煙放出後半の海拔約 3 km まで上昇し切らなかった噴煙が南西方向の降灰軸を形成したと推定される。なお H08 で 18 時 39 分から 19 時 08 分までに観測された降灰は、風の場合から考えて、海拔 3 km 以上まで上昇した噴煙からもたらされたと推定される。

3.5 降灰予測

本節では、2011 年新燃岳噴火に伴い発表された 39 回の降灰予測のうち 2 月 18 日の予報事例について検証し (3.5.1 項)、噴煙柱モデルの拡散比率の検討を行い (3.5.2 項)、離脱定数を変更した量的降灰予測と前節までの現地調査に基づく観測結果を比較する (3.5.3 項)。その他の予報事例の検証については、新堀・他 (2012) などを参照されたい。

3.5.1 発表された降灰予測

噴火当時の遠望観測による噴煙高度 (火口縁上) $H = 3.0$ km と噴火の継続時間 10 分を仮定して発表された降灰予測の 19 日 00 時までの予想降灰域 (表示しきい値: 0.1 g/m^2) を Fig. 6 に示す。使用されたメソモデル (MSM) 面予報値の初期時刻は 17 日 15UTC である。水平風の鉛直シアがある気象場で、火山灰が上層風で 21 時頃まで南東方向 (宮崎県都市市方面) に流された後、南 (串間市方面) へ転向した予測は適中したが、下層風で流された南西象限は見逃しがあった。

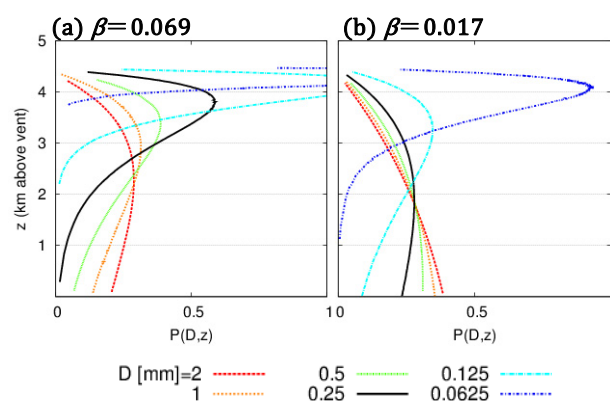


Fig. 7 Comparison of the release probabilities with two different release constants (a) $\beta = 0.069$ and (b) $\beta = 0.017$. For both cases, 4.4 km of the plume height above the vent was used. Black lines indicate the release probabilities with median diameter $D_m = 0.25$ mm.

3.5.2 拡散比率の検討

降灰予測では、初期値の噴煙柱モデルを構成している粒径 D の火山灰トレーサーが、火口縁上の高さ z から大気中に放出される確率（拡散比率）は、次の Suzuki (1983) の関数で与えている：

$$P(D,z) = AY(D,z)e^{-Y(D,z)} \quad (1)$$

ここで、 $Y(D,z) \equiv \beta[W(z) - V_0(D)]/V_0(D)$ は火口標高における火山灰の落下速度の大きさ V_0 で無次元化した噴煙の上昇速度、 β はどの高さから放出され易いかを決める離脱定数、 A は規格化定数である（例えば、新堀・他 (2010) の (A7) - (A9) 式）。噴煙の上昇速度 $W(z) = W_0(1 - z/H)$ およびその火口における初速度 $W_0[\text{m/s}] = \sqrt{H[\text{km}]/2.2 \times 10^{-4}}$ を用いると（同 (A5), (A6) 式）、拡散量が最大となる高さは、

$$z_m(D) \approx H[1 - V_0(D)/\beta W_0] \quad (2)$$

である。現在、降灰予測ではプリニー式噴火も想定した $\beta = 0.069$ を与えているが、2011年2月以降に新燃岳で発生したようなブルカノ式噴火に対して、この値を用いると z_m が高くなりすぎる。そこで、中央粒径 D_m 付近の拡散量が最大となる高さを現行の $1/2$ に下げること考える。この場合、新しい離脱定数は、

$$\beta = \frac{2V_0(D_m)/W_0}{1 + V_0(D_m)/0.069W_0} \quad (3)$$

となり現在、降灰予測で用いている $D_m = 0.25 \text{ mm}$ 付近の落下速度 $V_0[\text{m/s}] \sim O(1)$ と上昇速度 $W_0[\text{m/s}] \sim O(10^2)$ から、 $\beta = 0.017$ を得る。離脱定数の違いによる拡散比率の比較を Fig. 7 に示す。離脱定数を小さくすることにより、噴煙柱モデル下部から細粒分の拡散量が増大する。

3.5.3 再予測結果

前節で検討した拡散比率を用いて、3.5.1 項の予報事例について再予測計算を行った。再計算では、初期値（噴煙柱モデル）として噴火の継続時間は 10 分のまま、噴煙高度に鹿児島空港カメラから求めた海拔 5.9 km（火口縁上 4.4 km）を用い（3.1 節）、入力値に初期時刻 18 日 06UTC の MSM モデル面予報値を用いた。拡散比率の違いによる予測結果の比較を Fig. 8 に示す。離脱定数を小さくすることにより、新燃岳の南西方向（鹿児島県始良市から鹿児島市方面）の降灰も予測できることを確認した。ただしこの方向の予想降灰量は降灰予報 (Fig. 6) のしきい値 0.1 g/m^2 より一桁小さい。

降灰調査を行った各地点における降灰量の予測結果（ $\beta = 0.017$ の場合）を Fig. 3 に青字で併記した。本事例では、観測値（赤字）と較べて新燃岳の南東象限の予想降灰量はやや多く、他方、南～南西象限

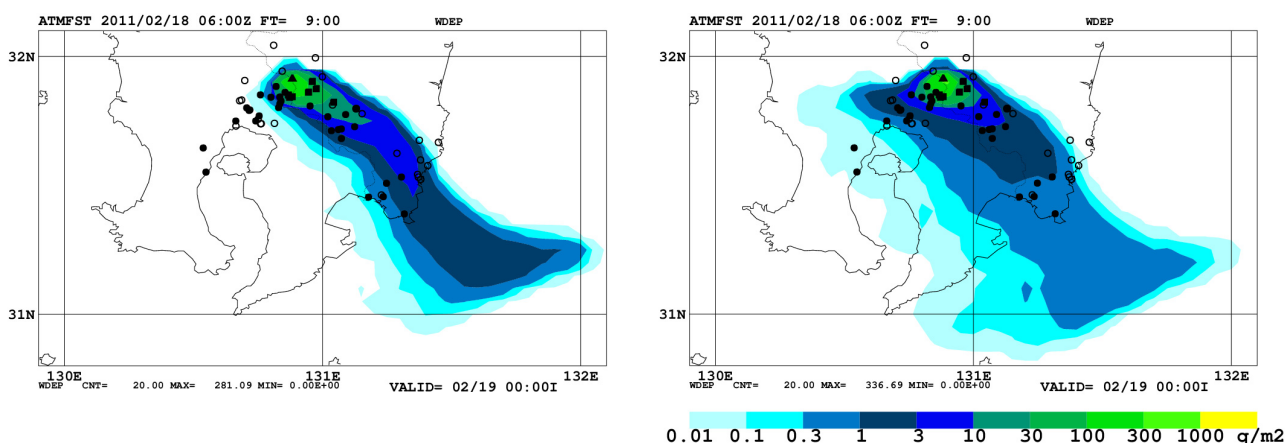


Fig. 8 Comparison of the quantitative tephra fall predictions for the eruption at the Shinmoedake volcano on February 18, 2011. Each release constant is (a) $\beta = 0.069$ and (b) $\beta = 0.017$, respectively (See Fig. 7). Forecast time is 00:00 (JST) February 19, 2011. Only areas where the amount of accumulated ash-fall at the time exceeded the threshold of 0.01 g/m^2 are shown. Solid squares, circles, and open circles have the same meaning as in Fig. 6.

にあたる調査地点では前述と同様に観測値よりやや少ない結果であった。初期値の噴煙柱モデルにおいて噴煙高度の低い噴火の継続時間も考慮する必要があると考えられる。

予想降灰時刻を検証するために、調査地点 H08 における降灰強度の予測結果 ($\beta=0.017$ の場合) を Fig. 5 に青線で重ねて示した。現地観測結果と比較して、予測では 18 時 36 分から降り始めており概ね合っていたが、その後は、より長く 19 時 42 分まで降り続いた。また同地点における積算降灰量の予測値は、観測値 113.2 g/m^2 よりやや少なく 89.9 g/m^2 であった。現地調査では砂サイズの粗粒火山灰に混ざって凝集した細粒の火山灰も観測されたが、現在の火山灰移流拡散モデルには凝集効果を考慮しておらず、予測値が観測値より小さかったことの一因と考えられる。すなわち、観測結果よりも後の時刻で予測した細粒火山灰の落下は、凝集効果を考えることによりもう少し早いタイミングで火山に近い所に落下することが予想され、その結果、観測より少ない予想降灰量も合わせて改善しうる可能性がある。

4 まとめ

降灰予測の精度改善に向けて 2011 年新燃岳噴火に伴う降灰の調査を行った。降灰分布や高時間分解能での降灰量連続データの得られた 2 月 18 日噴火について多項目観測量を取りまとめた上で、発表された降灰予報を検証した。初期値におけるより適切な噴煙高度の利用と拡散比率の離脱定数の見直しの 2 点を再考することにより、予報発表時に較べ予想降灰分布に改善が認められた。この再予測では、各地点で観測した降灰量、降灰時刻と概ね合う結果が得られたが、さらに予測精度を改善するためには、時間変化する噴煙高度のモデル化や凝集効果の導入などの課題がある。これらの課題に対して引続き、入力値として MSM より空間分解能の高い局地モデル (LFM) を用いた火山灰移流拡散モデルにより量的降灰予測の研究を進める。

謝辞

現地での観測の際には、霧島ロイヤルホテル、都城市立御池小学校、宮崎県御池青少年自然の家、高原町皇子原公園、一堂ヶ丘公園 (榑くえびこ山田) の皆様に便宜を図って頂きました。降灰試料質量分

析には産業技術総合研究所の実験室を利用させて頂きました。また、査読者である地震火山部火山課の林 洋介氏および編集委員会の内藤宏人氏、坂井孝行氏、長岡 優氏には原稿を改善するに当たり有益なご意見を頂きました。ここに記して皆様に感謝致します。なお本研究の一部は平成 22 年度科学技術振興調整費「平成 23 年霧島火山に関する緊急調査研究」に基づき行われました。

文献

- 気象庁 (2011): 特集 1. 2011 年 1 月からの霧島山 (新燃岳) の噴火, 平成 23 年 2 月 地震・火山月報 (防災編), 51-57.
- 産業技術総合研究所・アジア航測(株) (2011): 新燃岳 2011 年 1 月 26 日以降のテフラ噴出量, 第 120 回火山噴火予知連絡会資料, 64-67.
- 新堀敏基・相川百合・福井敬一・橋本明弘・清野直子・山里 平 (2010): 火山灰移流拡散モデルによる量的降灰予測—2009 年浅間山噴火の事例—, 気象研究所研究報告, **61**, 13-29.
- 新堀敏基・鬼澤真也・甲斐玲子 (2012): 2011 年霧島山 (新燃岳) 噴火に伴う降灰予報の予備検証, 火山噴火予知連絡会会報, **108**, 185-188.
- 新堀敏基・桜井利幸・田原基行・福井敬一 (2013): 気象レーダー・衛星による火山噴煙観測—2011 年霧島山 (新燃岳) 噴火の事例—, 験震時報, **77**, 139-214 .
- 東京大学地震研究所・防災科学技術研究所 (2011): 霧島山 (新燃岳) のブルカノ式噴火ステージの噴出量, 火口内堆積量および噴出物の時間変化, 第 120 回火山噴火予知連絡会資料, 59.
- 古川竜太・下司信夫・中野 俊・星住英夫・宝田晋治・及川輝樹・田中明子・竹内晋吾・土志田潔・田島靖久・筒井正明・長谷中利昭・小林哲夫 (2011): 霧島新燃岳火山 2011 年噴火 1 月噴出物の緊急調査, 日本地球惑星科学連合大会予稿集, SVC050-05.
- Hashimoto, A., T. Shimbori, and K. Fukui (2012): Tephra fall simulation for the eruptions at Mt. Shinmoe-dake during 26-27 January 2011 with JMANHM, SOLA, **8**, 37-40.
- Suzuki, T. (1983): A theoretical model for dispersion of tephra: Arc volcanism: Physics and tectonics, D. Shimozuru and I. Yokoyama, editors, TERRAPUB, Tokyo, pp. 95-113.

(編集担当 坂井孝行・長岡 優)