

2011年霧島山(新燃岳)噴火による降灰の特徴

山本 剛・井上朱美・奥野守人・森茂龍一

A Characteristic of Tephra Fall during the 2011 Kirishima Mountain (Shinmoe-dake) Eruption

Takeshi YAMAMOTO, Akemi INOUE, Morito OKUNO and Ryuichi MORIMO

(Accepted October 1, 2013)

Abstract Kirishima Mountain (Shinmoe-dake) which is located between Miyazaki prefecture and Kagoshima prefecture erupted on January 26th in 2011. Large amounts of volcanic ash have been confirmed in all parts of the prefecture and the tephra fall caused serious damage to buildings and massive disruption to human activity. In this paper, measuring tephra densities, water absorptions and grain size distributions at 21 sites around Mt. Kirishima and estimating the characteristic of volcanic ash are carried out based on experimental studies. Tephra densities were 1200 to 1600 kg/m³ for dry tephra and 1500 to 2000 kg/m³ for wet tephra. Water absorption ratios were 1.5% to 18%. Grain size of tephra varied depending on the distance and direction from Shinmoe-dake.

Keywords [Volcanic Eruption, Tephra Fall, Kirishima Mountain, Shinmoe-dake]

1 はじめに

霧島山(新燃岳)(以下、新燃岳と記す)は2008年8月の噴火からやや活発な噴火活動を続けていたが、2011年1月26日に噴煙高さが1500mに達する噴火を発生させた後、2011年9月7日までに十数回の爆発的噴火を伴う活発な噴火活動を継続させた。

噴火による降灰量は新燃岳の東側および南側に位置する近隣市町で多く、都城市と高原町では1mm~10mm程度の降灰厚さが広い範囲で観測され¹⁾、大量の降灰により市民生活は一時大混乱した。降灰による住宅の大規模な破損はなかったが、高原町では降灰により家畜小屋が倒壊し、小林市では2月14日に大量の噴石が市内に落下し、自動車フロントガラスの破損、屋根に設置されたソーラーパネルの被害が多数発生した²⁾。

新燃岳は噴火直後より少雨での大規模土石流の発生が危惧されたが、都城市と高原町では、当初、降灰に伴う土石流への防災対策が整備されていなかったために降灰量が多かった河川流域の集落では、行

政と地域住民はその対応に翻弄された。

都城市では、降灰による土石流に対する避難準備情報の発表および避難勧告の発令を行う際の雨量基準を2011年2月9日に時間雨量4mmに定めたが、その後、現地調査により土石流の発生が無いことが確認されるたびに雨量基準は修正され、同年の6月30日には「時間雨量35mmに達する時または都城市に土石災害情報が発表された時」に引きあげられた。

2011年の2月10日から9月20日の間に7回の避難勧告の発令があり、行政と住民は降雨のたびに緊張を強いられたが、結局、人的被害を発生させる大規模な土石流は発生しなかった。

降灰による土石流は、河川上流部の少雨でも発生することがあることから、土石流対策においては降雨予測の重要度は極めて高い。新燃岳周辺の土石流発生危険区域内の河川では、国土交通省によるワイヤーセンサーの設置や雨量観測網の強化や都城市による現地調査の強化等の緊急措置がとられたが、天気の急変に避難情報の発表の判断が追いつかない、避難情報の発信が現地の天候と合わない、局所的な

雨量に情報発信の判断が対応できない等の問題が発生し、避難情報発信の判断は極めて困難であった³⁾。

新燃岳の土石流防災では、噴火後に土石流を発生させた事例として、平成12年有珠山噴火、平成12年三宅島噴火、平成3年雲仙岳噴火の降雨データが参照されたが、新燃岳では大規模土石流は発生しておらず、これらの事例と新燃岳の降灰との相関は低かったと思われる。今後の土石流防災のためには火山灰の性状および降雨量と土石流発生との関係についての分析結果の蓄積とこれらの性状を活用した有効な予測手法の開発がのぞまれる。

2012年6月26日以降、新燃岳火口からの警報範囲は2kmへ縮小されたものの、現在でも小規模な噴火が発生する可能性は否定されておらず⁴⁾、今後も噴火への警戒が必要である。本研究は2011年に発生した一連の新燃岳噴火に伴う降灰による火山灰の基礎的な性状を把握するため、火山灰の化学的組成、密度、吸水率、粒度分布および降雨前後の河川水のpHの変化について調べたものである。

2 2011年の噴火および降灰の状況

表1に2011年に発生した爆発的噴火の発生日時と噴煙高さを示す。2011年1月19日に噴火活動を始めた新燃岳はその後も活発な噴火活動を続け、同年9月7日までに13回の爆発的噴火を含む43回の噴火が発生している。

表1 爆発的噴火の履歴

発生日時		噴煙高さ
月日	時刻	
1月27日	15時41分	2500m
1月30日	13時57分	不明
2月1日	7時54分	2000m
	23時19分	2000m
2月2日	5時25分	2000m
	10時47分	500m
	15時53分	3000m
2月3日	8時09分	1500m
2月11日	11時36分	2500m
2月14日	5時07分	不明
2月18日	18時16分	3000m
3月1日	19時23分	不明

爆発的噴火は3月1日まで断続的に発生しているが、1月26日から1月29日にかけては噴火が継続的に発生しており、この間に堆積した大量の火山灰により周辺市町では道路の通行止め、小中学校の休校、農作物への被害等、市民生活への多大な影響を与えた²⁾。新燃岳の東側に位置する高原町では噴火災害に備えた避難勧告が発令され、住民避難が行われた。

図1は2011年1月28日から29日にかけて、国土交通省が実施した降灰量調査の結果¹⁾に基づいて、この期間の降灰厚さの分布概要を示したものである。

降灰は新燃岳の東側および南東側で多く観測されたが、降灰分布の主軸は新燃岳火口からほぼ東南東に伸びており、東側に位置する高原町と南東側に位置する都城市では降灰厚さが1mmから10mmと厚く、分布の領域も広い。火口からの距離に加え、火口からの方位が降灰厚さに影響したと思われる。

降灰はこの時期の西からの風によって宮崎県の広範囲に及び、新燃岳から60km以上離れた日南市でも気象台による現地聞き取りにより降灰が確認されている⁵⁾。

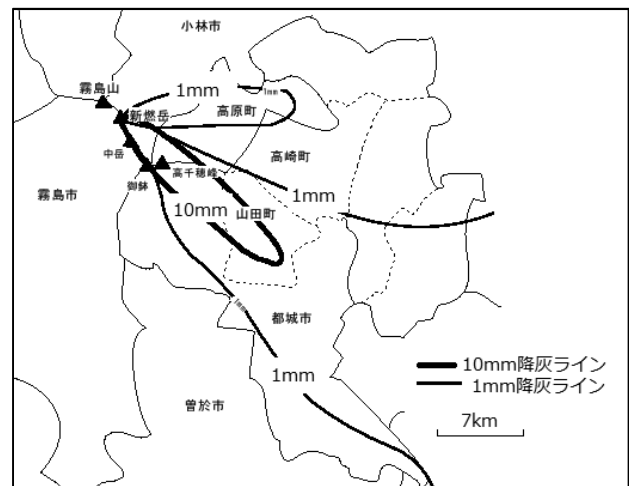


図1 2011年1月19日～28日の降灰厚さの分布

3 火山灰と河川水の調査

3.1 火山灰の採取

火山灰の基本的な物理性状を把握するために、化学組成分析、密度試験、吸水試験、粒度試験を目的として火山灰の採取を行った。火山灰の採取地点を図2に、採取日を表2に示す。

火山灰の採取は2011年4月20日から9月13日の間に実施しており、5月2日までに採取された火山灰は13回の爆発的噴火を含む37回の噴火による火山灰が混在していると思われる。また、6月28日以降に採取した火山灰には6月16日、6月23日、6月29日、9月7日の噴火による火山灰も混在していると思われる。

今回の噴火による火山灰の物理性状と土石流発生との因果関係を調べるために、都城市が噴火に伴う降灰による土石流発生との危険性がきわめて高いと判断した3河川流域の土石流危険区域を中心に火山灰



図 2 火山灰の採取地点* 土石流危険区域

表 2 火山灰の採取日

NO.	採取日	採取地点(GPS情報)		表乾密度 (g/mm ³)	吸水率 (%)
		北緯	東経		
No.1	7月1日	31° 54' 28"	130° 57' 50"	2.64	1.46
No.2	6月28日	31° 52' 18"	130° 57' 02"	1.95	17.97
No.3		31° 51' 44"	130° 56' 54"	2.08	12.90
No.4		31° 51' 45"	130° 56' 51"	2.11	16.79
No.5		31° 51' 25"	130° 56' 28"	2.27	9.96
No.6		31° 51' 17"	130° 56' 14"	2.15	14.56
No.7	4月20日	31° 51' 08"	130° 56' 05"	2.29	10.80
No.8	4月22日	31° 50' 30"	130° 54' 19"	2.56	3.07
No.9	4月20日	31° 48' 36"	130° 56' 52"	2.60	2.47
No.10	4月26日	31° 52' 23"	130° 58' 03"	2.11	14.17
No.11	4月26日	31° 52' 03"	130° 58' 19"	2.14	11.59
No.12	5月2日	31° 51' 48"	130° 58' 19"	2.01	16.56
No.13	4月26日	31° 51' 41"	130° 58' 17"	2.05	13.50
No.14		31° 51' 12"	130° 58' 32"	2.09	15.47
No.15	9月6日	31° 50' 09"	130° 58' 26"	2.43	4.41
No.16		31° 49' 43"	130° 59' 20"	2.08	14.07
No.17		31° 49' 10"	130° 59' 59"	2.32	9.12
No.18	9月13日	31° 48' 59"	131° 00' 41"	2.25	11.07
No.19	9月6日	31° 48' 52"	131° 01' 12"	2.50	2.18
No.20	9月13日	31° 48' 50"	131° 01' 15"	2.33	9.29
No.21	9月6日	31° 48' 02"	131° 02' 22"	2.62	1.49



写真 1 火山灰採取の様子

の採取地点を検討した。これらの土石流危険区域を図 2 に示す。

火山灰の採取地点の選定については、事前の現地聞き取り調査により、場所により堆積した火山灰の粒径が火口からの距離と火口との方位によって異なるなどの情報を得ていたため、これらが火山灰の物理

性状に与える影響を調べるために、採取地点を火口から 8~10km 圏内にほぼ同心円上に位置する No. 1~No. 8 および No. 10、No. 11 の 10 地点 (以下、試料 I と記す) と、降灰の主軸方向である東南東上にほぼ位置する No. 12~No. 21 および No. 9 の 11 地点 (以下、試料 II と記す) からなる 2 グループに分けて設定した。なお、採取地点の決定においては、あらかじめ採取予定地点を地形図上で定めておき、現地調査

により降灰の状況や、火山灰の採取のし易さを考慮して決定している。火山灰の採取は、写真1に示すように、選定した採取予定地点付近で自然に堆積したままの状態の火山灰が十分に残っている箇所を選び、火山灰の堆積部分の表面から最下部まで一様にスコップを用いて土嚢袋へ採取した。土嚢袋には採取日と採取地点を記載し、採取の様子はデジタルカメラに記録した。

3.2 火山灰の化学組成

表3にNo.7、No.10、No.14で採取した新燃岳火山灰の化学組成分析の結果を示す。また、他火山の噴出火山灰との比較のために、表中には1979年から1980年の間に桜島で噴出した火山灰の成分分析の結果⁶⁾も示している。化学組成分析にはSII社製の蛍光X線分析装置(SEA1200VX)を用いた。1wt%未満の成分については桜島火山灰の分析結果との比較のため、TiO₂のみ記載している。

新燃岳火山灰の主要な構成成分とその割合は、二酸化ケイ素が52~53wt%、酸化アルミニウムが19wt%、酸化ナトリウムが10~12wt%である。成分の構成割合は桜島の火山灰と概ね同傾向を示すが、新燃岳火山灰は酸化ナトリウムの割合が3倍ほど高い。

表3 新燃岳火山灰と桜島火山灰の化学組成(wt%)

成分	新燃岳火山灰			桜島火山灰
	No.7	No.10	No.14	
SiO ₂	52.1	53.2	52.1	59.2~59.9
Al ₂ O ₃	19.0	18.6	18.6	16.9~17.5
FeO	6.1	6.3	5.3	3.9~5.8
CaO	6.2	5.2	4.3	5.6~6.6
K ₂ O	1.3	1.7	1.6	1.3~1.6
Na ₂ O	9.9	10.0	12.3	3.1~3.5
MgO	4.3	4.1	4.9	2.7~2.9
TiO ₂	0.4	0.3	0.3	0.7~1.4

3.3 河川水への影響

大量の降灰があった地域の河川では、上流部での降雨による河川への火山灰流入量増加により、河川水のpH変化が予測されたので、都城市で噴火に伴う火山灰による土石流発生の危険性がきわめて高いとされた丸谷川、荒襲川の降雨後のpHの変化を調べた。pHの測定地点は、火山灰の採取地点であるNo.8、No.10、No.11、No.12、No.13、No.14付近の各河川内に測定定点を定めた。測定は降雨の直後に定点へ向かい、写真2に示すように、ハンディ型pH計(SK-620PH:佐藤計量器製作所)を用いてpHの測定を行い、測定の様子と測定日をデジタルカメラに記録した。

pHは各定点で3回測定し、その平均を定点のpH値とした。測定日は2011年の4月28日、5月2日、5月27日、6月1日、6月14日である。

図3に各定点のpHの値の変化を示す。No.5とNo.8およびNo.12に一部データに欠落があるのは、急激な天候の不良により計測ができなかったためである。

No.12を除く、5定点のpHの値は4月28日の測定時には7.6~8.4であったが、その後徐々に値は小さくなる傾向を示し、6月1日には6.6~7.7まで低下し、No.10、No.11、No.13のpHの値は6月14日の測定時には6.4~7.0まで低下している。No.14は6月1日の測定時に比べ、6月14日のpHの値が高くなっているが原因は不明である。No.12のpHの変化も同傾向を示している。また、pHの測定と併せて、河川水のイオンクロマト分析も行ったが火山灰の影響と思われる顕著な変化は見られなかった⁷⁾。

pHの値は低下する傾向が確認されたが、人的な被害を発生させる大規模な土石流は発生しなかったため、土石流の発生とpH変化の関係については調べることができなかった。

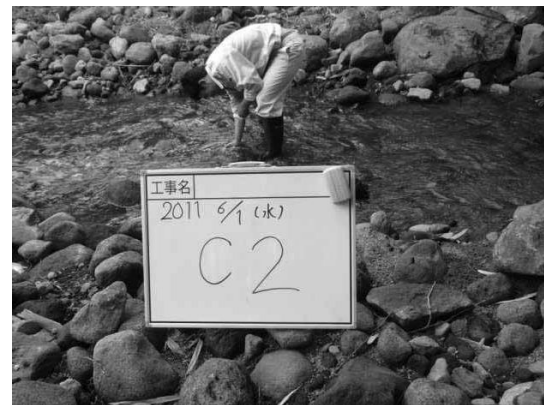


写真2 河川水のpH測定の様子

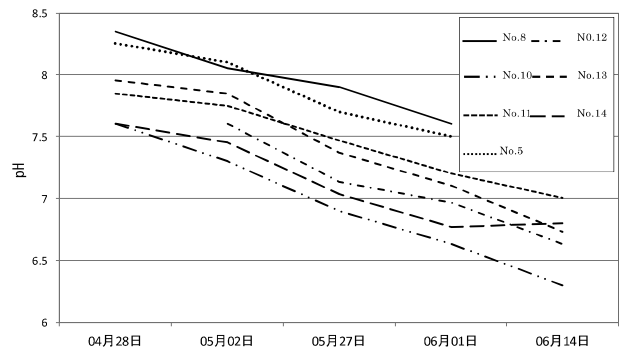


図3 河川水のpHの変化

3.4 表乾密度および吸水率

採取した火山灰の表乾密度と吸水率を表2に示す。密度試験、吸水率試験にはJIS A 1109の試験方法を

採用した。表乾密度はいずれの採取地点においても 2.0~2.6(g/cm³)であり、平均値は 2.27(g/cm³)である。採取地点の影響だと思われる顕著な差異は見られない。吸水率は 1.5~18.0(%)程度であり、表乾密度の分布に比べ採取地点による違いが大きい。降灰量の多かった1月29日までの降灰方向の主軸であった東南東から北側に外れて位置する No. 1 と南側に外れて位置する No. 8 と No. 9 および降灰の主軸方向に火口から 14km 以上離れた No. 19 と No. 21 の吸水率は 1.5~3.0(%)と小さいが、火口からの方位および火口からの距離による違いは見当たらない。

3.5 粒度分布

採取した火山灰の粒度分布を図 4 に示す。粒度試験には JIS A 1102 の試験方法を採用した。

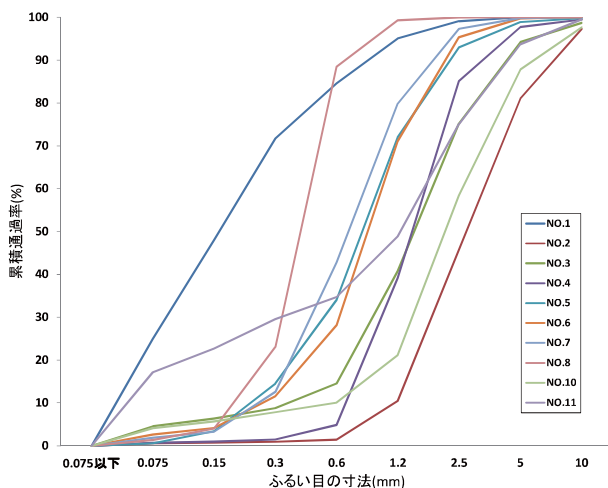
試料 I の粒度分布を見ると、No. 2、No. 10、No. 3

のように降灰方向の主軸付近の試料は粒径が大きく、No. 1 や No. 5~No. 8 のように降灰の主軸方向から離れるほど粒径が小さくなる傾向が見られる。また、水平距離が 500m 程度しか離れていない No. 3 と No. 5 の粒度分布の違いに見られるように、火口から降灰位置への方向が粒度分布に与える影響は大きい。試料 II の粒度分布を見ると、主軸方向では火口に近い No. 12 と No. 13 の粒度が大きく、火口から離れるほど粒度が小さくなる傾向が見られる。No. 9 の粒度が小さかったのは火口からの方位が降灰の主軸方向から大きくずれていたためだと思われる。No. 1 を除くと、試料 I と試料 II の粒度分布は同様の分布をしており、両試料の粒度分布には顕著な違いは見られない。

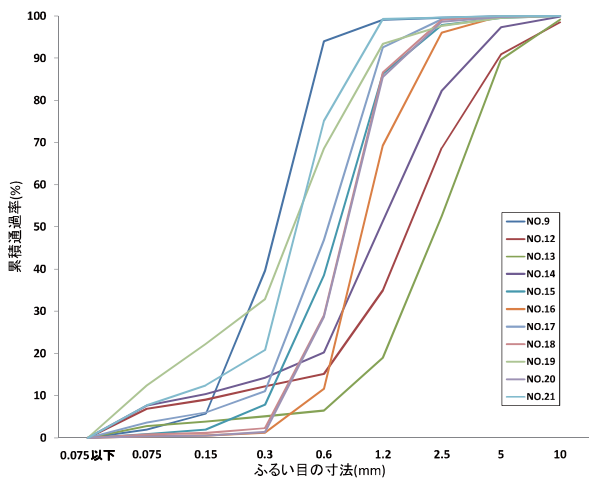
4 まとめ

2011年の新燃岳噴火による火山灰の基礎的な性状を把握するため、火山灰の化学組成、密度、吸水率、粒度分布および河川水のpHの変化について調べた結果、以下のことが分かった。

- 1) 新燃岳火山灰の主要な構成成分とその割合は、二酸化ケイ素が 52~53wt%、酸化アルミニウムが 19wt%、酸化ナトリウムが 10~12wt%である。
- 2) pHの値は 7.6~8.4 であったが、その後徐々に小さくなる傾向を示し、6.4~7.0 まで低下した。
- 3) 火山灰の表乾密度は 2.0~2.6(g/cm³)であり、吸水率は 1.5~18.0(%)程度である。
- 4) 火山灰の粒度分布は火口からの距離と方位により大きく異なり、特に方位の影響が大きい。



(a) 試料 I



(b) 試料 II

図 4 粒度分布

謝辞

本稿をまとめるにあたり、都城市役所総務部危機管理課、都城市山田総合支所総務課、高原町役場総務課の協力を得た。また試料の収集と分析には、当時、都城高専建築学科の5年生だった小野和也君と横山健太君の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 霧島山(新燃岳)噴火に伴う土砂災害に関する緊急調査の結果について、九州地方整備局,平成 23 年 2 月 16 日
- 2) 霧島山(新燃岳)噴火による被災及び対応状況,宮崎県,平成 23 年 3 月 18 日
- 3) 山本 剛:霧島山(新燃岳)噴火後の周辺自治体の

防災対応, 日本建築学会九州支部研究報告, 第 51 号, pp. 229-232, 2012

- 4) 第 126 回火山噴火予知連絡会 霧島山 (新燃岳) の火山活動に関する検討結果, 気象庁, 平成 25 年 6 月 18 日
- 5) 霧島山 (新燃岳) の火山活動解説資料, 福岡管区気象台火山監視・情報センター鹿児島地方気象台, 平成 23 年 1 月 28 日
- 6) 大庭 昇他 4 名: 1979~1980 年噴出桜島火山灰の抗生物質, 性状および生成メカニズム, 鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), No. 14, pp. 1-9, 1981
- 7) 山本 剛他 6 名: 新燃岳噴火による火山灰と河川水の分析, 日本分析化学会第 60 年会講演予稿集, p. 101, 2011

*この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから配信されたものである。