

第3回火山巡回展



霧島火山

— ボラが降ってきた! 新燃岳の噴火とその恵み —

日本は火山国であり、その恵みをうけている私たちは、火山と一緒に生活していかなければなりません。そのためには、火山そのものを理解する必要があります。2011年1月、数百年ぶりの軽石噴火を行った九州の霧島火山新燃岳は、私たちの社会生活に大きな影響を与えました。火山は、ひとたび噴火すると大変な災害を引き起こしますが、噴火のない時期には、私たちに恵みをもたらします。たとえば、霧島はその美しい景色から、日本で最初の国立公園に指定されており、最近では日本ジオパークにも認定されました。本巡回展は、火山をより理解するため、新燃岳2011年噴火はどのような噴火であったのかを学び、度重なる噴火でつくられた霧島火山の歴史やその恵みを理解する特別展示です。



霧島火山

たくさんの大きな火口を持つ日本有数の活発な火山

霧島火山は、大きな活火山です(図1,2)。最高峰(韓国岳)の標高は1,700 m、その広がり^{からくに}は東西30 km、南北20 kmあまりで、九州の宮崎・鹿児島両県にまたがっています。東京23区がすっぽり入ります。その中に、大きな火口を持つたくさんの火山が集まっています。

霧島火山は、約60万年前から活動を開始し、50万年前に小林カルデラ、34万年前に加久藤カルデラ(図1)をつくりながら成長しました。3万年前から現在まで、10以上もの火山が活動しています。そのうち最近1万年間に噴火したのは、不動池、硫黄山、韓国岳北、大幡山、新燃岳、中岳、御鉢、高千穂峰、御池の9火山・火口です(図1)。このように同時代の広い範囲で活動したことが霧島火山の特徴です。

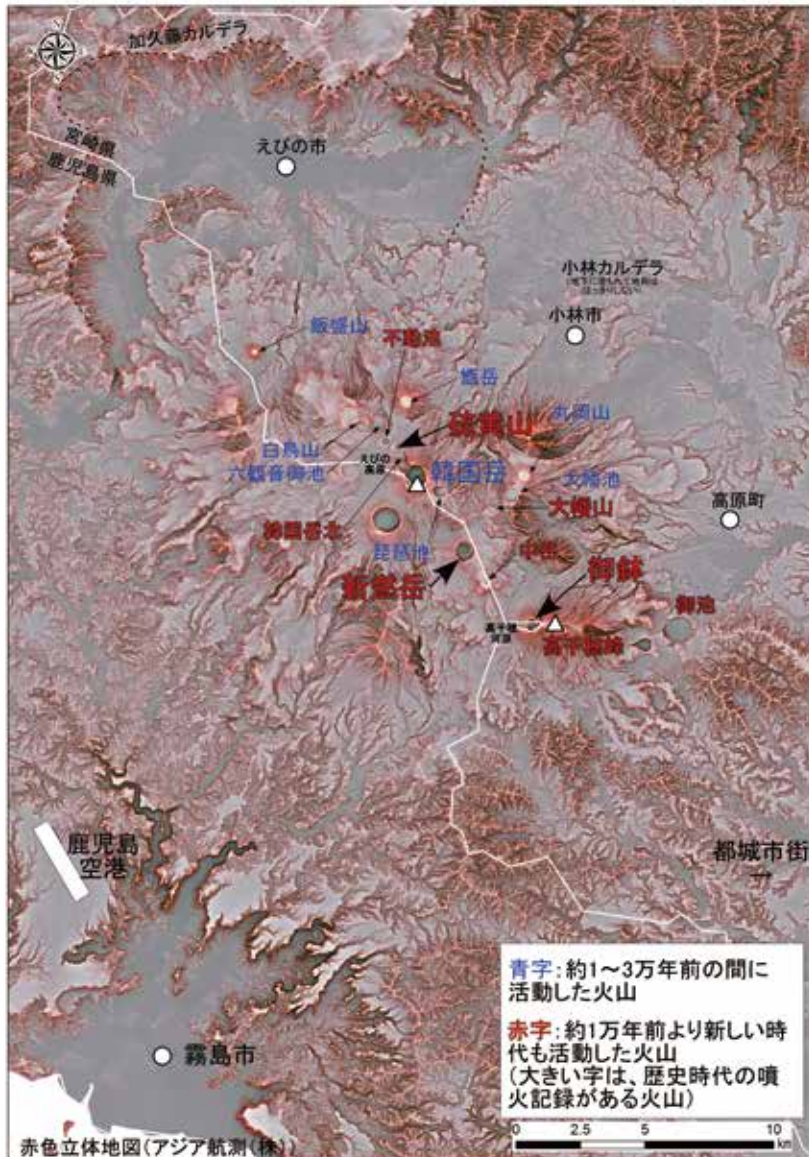


図1 霧島火山周辺の赤色立体地図。

霧島火山は、最近1万年間に活動した火山があり、ごく最近も活動を続けていることから、活火山とされています。

赤色立体地図(アジア航測(株)作成)の作成は国土地理院数値地図(標高)10mメッシュを使用しました。赤色立体地図は数値標高モデルを基に地形が立体的に見える処理をした地図です。アジア航測(株)が開発しました。



図2 北西上空からの霧島火山。
霧島市役所提供。

たくさんの池は
みんな火口なんだ!
立体模型もみてね。



霧島ジオパーク公式キャラクター
《キリッチ》

霧島火山の生い立ち

長い歴史を持ち、活発な活動を続ける火山

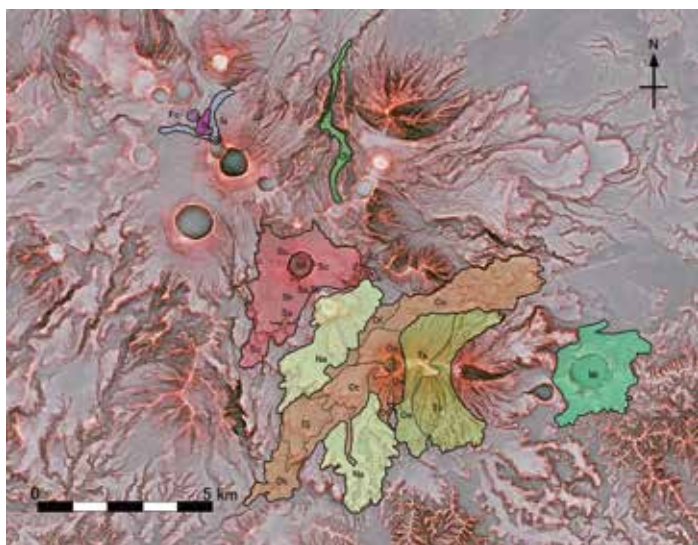


図1 霧島火山の火山地質図。

約7,300年前より新しい火山噴出物のみ示しています。そえられた英字が同じものは、同じ噴出物です(図2も同じ)。井村・小林(2001), 筒井ほか(2005, 2007), 筒井・小林(2008), 田島ほか(2012, 2013)を基に作成。基図は国土地理院10mメッシュ(標高)を使用して作成した赤色立体地図(アジア航測(株)作成)を使用。

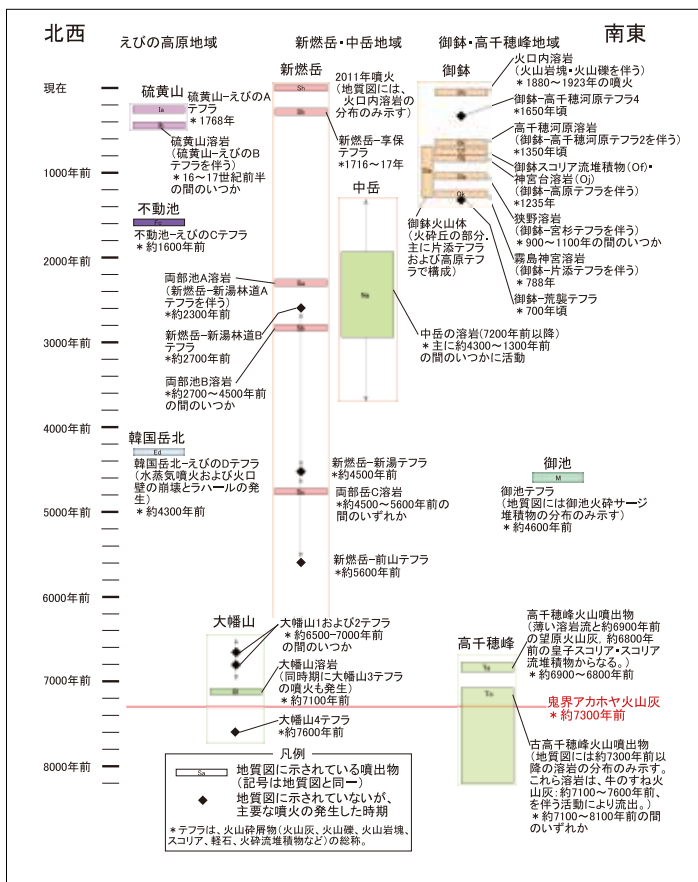


図2 最近7,300年間の霧島火山の活動史。

図1・2とも、同じ英字は、同じ噴出物を示します。井村・小林(2001), 奥野(2002), 筒井ほか(2005, 2007), 筒井・小林(2008), 田島ほか(2012, 2013)を基に作成。

火山の歴史が分かる地図、それが火山地質図です(図1、2)。左の火山地質図(図1)は、約7,300年前の噴火により降り積もった鬼界アカホヤ火山灰を目印にして、それより新しい火山噴出物を地図の上に表したものです。同じ火山からの噴出物は、地質図に同じ色で示しています。また、同じ噴火でできた噴出物は同じ記号(英字)で示しています(図1、2)。

霧島火山では、最近7,300年間に、9つの火山が活動しました。そのうち、硫黄山、新燃岳、御鉢は、最近300年間にも噴火しました(図2)。

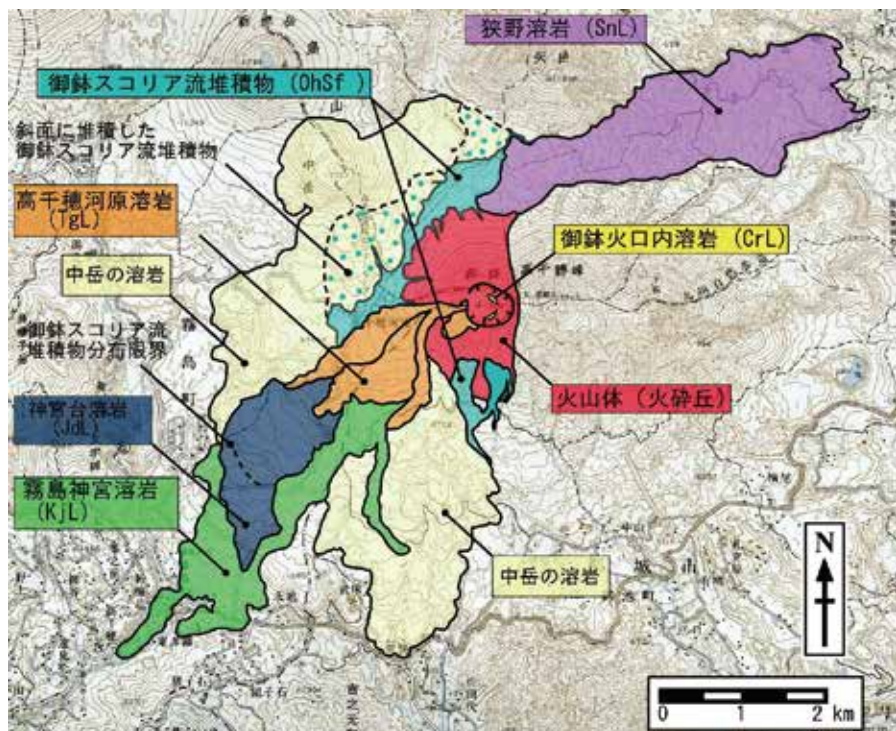
日本の火山(第3版)より。ピンク、赤、青、茶色などで塗った部分が、第四紀(260万年前より若い時代)の火山噴出物の分布。緑はそれより古い新第三紀の火成岩の分布。

九州は火山国と呼ばれるだけに、霧島火山の周囲にもたくさんの火山があります。南の始良カルデラと鬼界カルデラの噴出物は、霧島火山の噴出物に挟まり鍵層(目印となる地層)となります。鍵層があると高精度の地質図をつくることができます。特に鬼界カルデラから出た鬼界アカホヤ火山灰のおかげで、最近7,300年間の噴火は、それぞれの前後関係などがよくわかっており、詳しい噴火の歴史が明らかとなっています。

御鉢火山

霧島火山で最も活発な火山

御鉢は、約 1,300 年前に高千穂峰の西で活動を開始した若い火山です。霧島火山中、歴史時代以降の活動が最も活発な火山です。高千穂峰とあわせて、高千穂複合火山と呼ばれることもあります。高千穂峰火山の活動から、約 5,500 年の休止期間を挟んで誕生しました。古くは 8 世紀にまで溯る多数の噴火記録が残されており、明治～大正時代にかけても噴火が頻発しています(図 1)。



高千穂峰と御鉢(南東から) 筒井正明氏撮影.

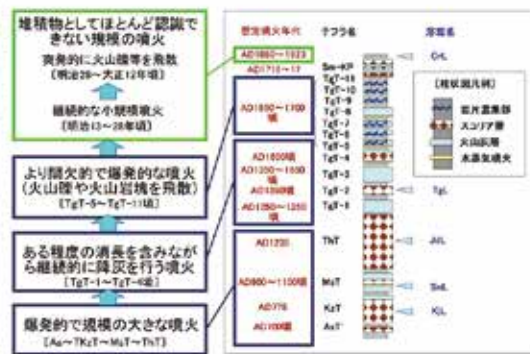


図 1 御鉢火山の地質図(左)と活動史のまとめ(右)。

筒井ほか(2007)に加筆. 地形図は国土地理院発行5万分の1地形図「霧島山」を使用。

最新の噴火は 1923 (大正 12) 年でしたが、現在もなお小規模ながら噴気活動を継続しています。特に 2003 (平成 15) 年 12 月には噴気活動が活発化し、新たに噴気が現れました(図 2)。新燃岳とともに、近い将来も噴火する可能性の高い火山です。



図 2 2003 年の噴気活動の活発化. 筒井正明氏撮影.

御鉢火山 歴史時代の噴火

御鉢は8世紀頃から活動を開始しました。もっとも規模の大きな噴火は、1235（文暦元）年の噴火です。これは、霧島火山における他の火山の歴史記録に残る噴火と比べても、最も大きな噴火です(図1)。この噴火は、激しい地震や鳴動、焼けた石と熱い砂が降ったこと、火砕流が発生したこと、現在の高千穂河原や御池付近にあった神社等が埋没もしくは焼失したことなどが、記録や地層からわかっています。この噴火による噴出物は、高原テフラ層および神宮台溶岩とよばれ、スコリアや火砕流堆積物、溶岩からなります。



← 新燃岳 2011 年噴火の軽石

← 新燃岳享保噴火の軽石 (1716～17年)

← 御鉢文暦噴火のスコリア・火山灰：高原テフラ層 (1235年)

図1 都城市御池小学校裏の崖でみられる霧島火山の噴出物。高原テフラ層が、新燃岳享保噴火や2011年噴火の軽石より厚い地層として残されていることから、それらの噴火より大きな噴火であったことがわかります。

御鉢は、1880（明治13）年9月から1923（大正12）年7月までの約40年間、現在の桜島のように、頻繁に噴火を繰り返しました(図2、3)。これらの噴火の噴出物は、火口から2km程度の距離に落下した大型の噴石以外は、現在確認できていません。しかし、残った噴石からひとたび噴火が起ると大変な被害がでることがわかるでしょう。



図2 明治～大正にかけての噴火を写した絵葉書(左)と現在みられる噴石(右)。噴石(火山岩塊)は長さ2.2m。火口北西約1kmの地点。絵葉書は筒井正明氏蔵。



筒井正明氏撮影

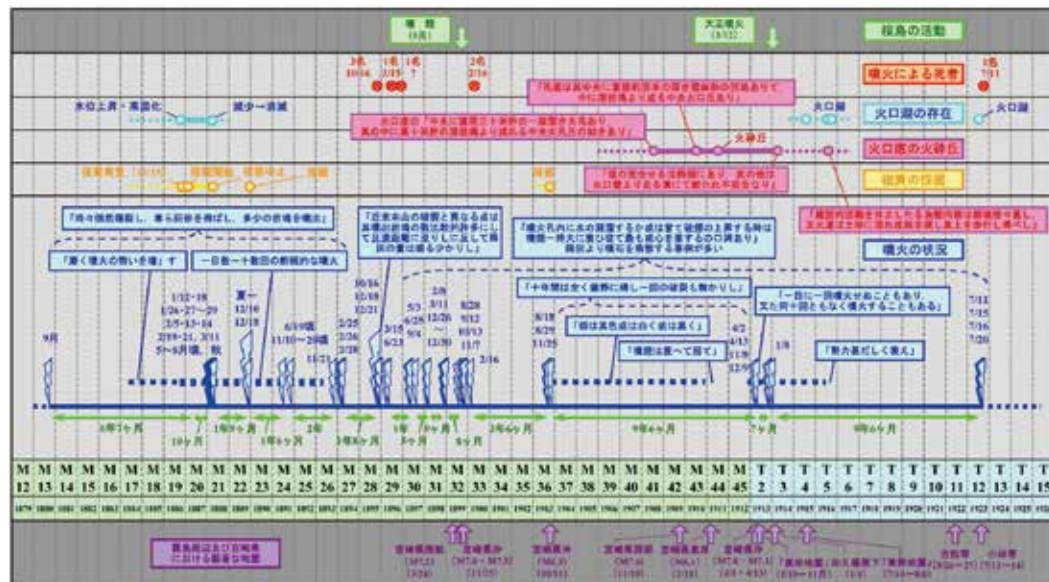


図3 1880（明治13）年～1923（大正12）年の噴火活動のまとめ(筒井ほか, 2005)。

新燃岳火山

何度も軽石を降らしている火山

2011年に噴火した新燃岳は、麓から見るとあまり目立たない山です(図1)。しかし霧島火山において、江戸時代以降、最大の噴火が起きた火山です。その噴火は、1716～17(享保元～二)年に起きた噴火(享保噴火)で、2011年噴火よりも多くのマグマが火口から噴き出しました。

新燃岳は、2011年や享保噴火以外にも、約1万年前、約5,600年前、約4,500年前に、多くの軽石を降らす噴火を起こしています(図2、3)。江戸時代以降にも、たびたび噴火しています。

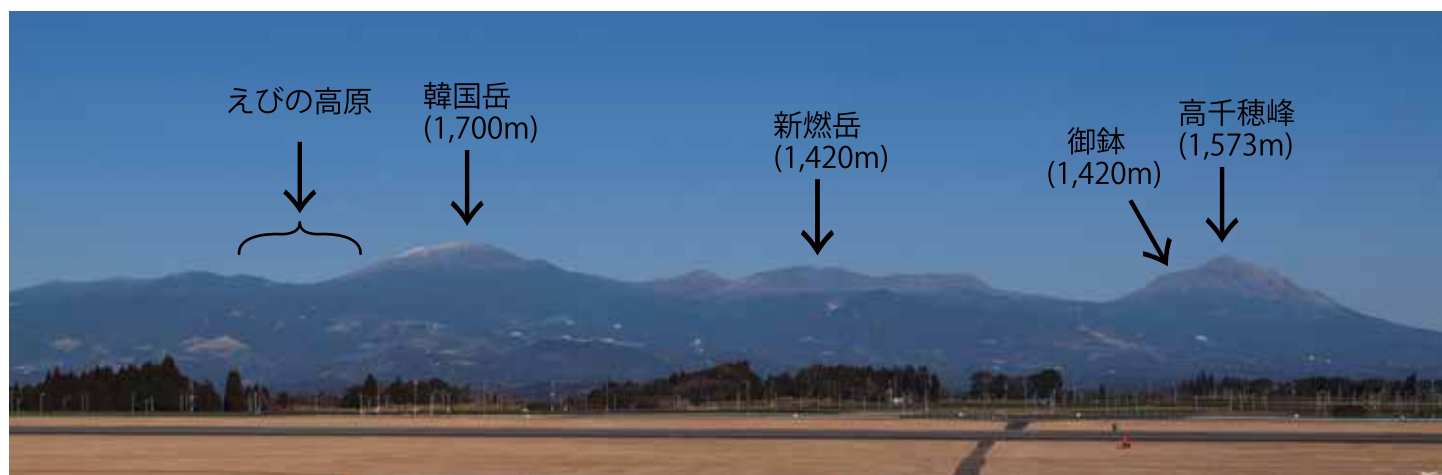


図1 鹿児島空港(20 km南西)から望む霧島火山。
霧島火山は、いくつかの火山の集合からなる山々です。2013年1月撮影。



図2 新湯(3 km南西)から望む新燃岳(2011年4月撮影)。
なだらかな山体をつくるのは、享保噴火の火砕流や降下軽石などの噴出物です。その上に、2011年噴火の軽石や火山灰、火山弾などが積り、さらになだらかになりました。山頂左側の山腹に走る割れ目は、1959年噴火の火口で、ほぼ同じ場所から2008年の噴火も発生しています。山頂右側の2つのコブのような峰が「兎の耳」で、それをつくるのは約2,300年前の噴火でできた溶岩と考えられています。

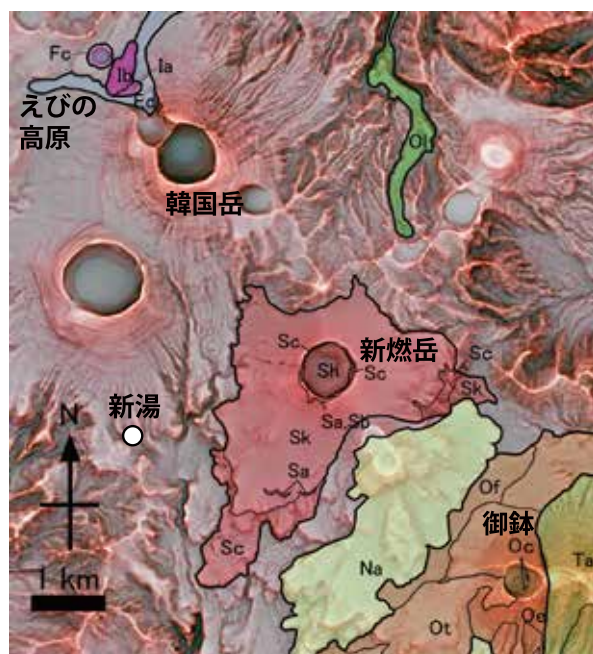


図3 新燃岳周辺の7,300年前以前の地質図(拡大)。
赤色立体地図(アジア航測(株)作成)上に描画。
新燃岳から流れ出した火砕流や溶岩流の地形がよくわかります。基となった地形データは、2011年の噴火以前のもので、2011年噴火で火口内に流出した溶岩や降りつもった軽石などのつくる地形は表現されていません。

新燃岳の噴火 享保噴火（1716～17年）

江戸時代の1716～17（享保元～二）年に起きた噴火が享保噴火です。この噴火は、2011年噴火の一つ前の大きな噴火で、広い範囲に軽石や火山灰などの噴出物を降らしました（図1）。噴出物の量は、2億トンにもなりました。

噴火は1716年4月10日から1717年9月6日まで1年半続きました。始めは、小規模な噴火を繰り返していましたが、1716年11月9～10日と1717年2月9～22日に大きな噴火が起こりました（図2）。これらの大きな噴火で、麓の寺社や人家は焼け、住民は被害の及んでいない地域に避難しました。なお、2月9日の噴火のすぐ後、地域を支配していた薩摩藩の役人が巡視に来て、すばやく被災者救済にあたったとの記録が残っています。

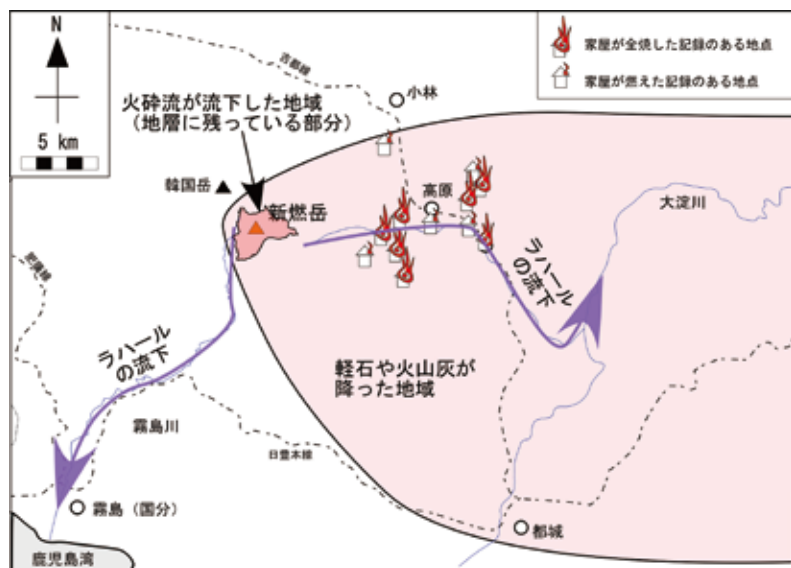


図2 享保噴火で降ってきた軽石・火山灰層。
(新燃岳東南東約10km御池の東にて)
軽石と火山灰が層をなして重なっています。真中の灰色の火山灰の下の軽石は1716年9月9～10日に、上の軽石は1717年2月9日以降に降ったものと考えられています。

図1 享保噴火の噴出物被害状況。
井村・小林(2001), 及川ほか(2012)を基に作成。火山近くでは、降ってきた大きな軽石などで、家屋がたくさん燃えました。

享保噴火と2011年噴火は似ているの？

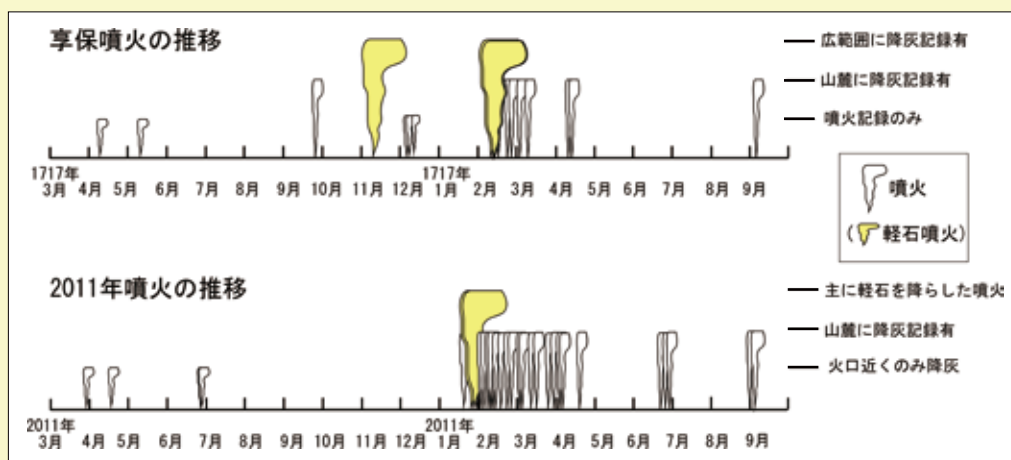


図3 享保噴火と2011年噴火の比較。
噴火の大きさと発生した時期を並べて比べています。両方の噴火とも小さな噴火が複数回起きた後に大きな軽石を降らす噴火が発生したこと、大きな噴火の終了直後により小さな噴火がたくさん発生し、その噴火の間隔がだんだん開いて終了したことが大変よく似ています。

享保および2011年噴火とも、主に軽石が降ってきた噴火であることや噴火の進み方・期間が大変よく似ています（図3）。ただし、享保噴火のほうが、降ってきた軽石の量が多く、より規模が大きい噴火でした。また、大きな軽石を降らす噴火が、間をおいて複数回発生したことも異なります。さらに、享保噴火ではラハール（火山泥流）と火口から数kmも流れ下る火砕流も発生しました。2011年噴火では、幸いにも大きな火砕流が発生しませんでした。

新燃岳の噴火 文政四年噴火, 1959年噴火

1822(文政四)年と1959年にも噴火が起きましたが、いずれもほぼ1日で終了しました。2011年噴火や享保噴火に比べて小さな噴火でした。どちらの噴火とも、新たなマグマの放出はほとんど認められない、水蒸気噴火と考えられています。

1959年噴火の噴出物量は約9百万トンと、2011年噴火や享保噴火と比べてかなり少ないのですが、宮崎県の海岸部まで火山灰が降りました(図1)。降り積った火山灰は、酸性で細粒であったため、農作物や鉄道施設などに大きな被害がありました。特に、森林への被害は長期化しました。

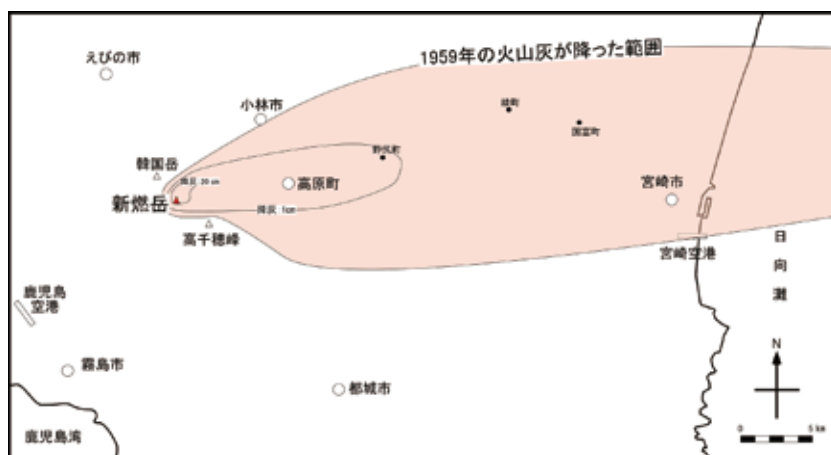


図1 1959年噴火で降灰した地域。
福岡管区気象台ほか(1959)に基づく。

どうして新燃岳?



江戸時代の享保噴火は、歴史時代になって新燃岳で起きた初めての噴火でした。それまで噴火していなかった山が、新たに噴火したわけです。そのため「新に燃えた山」という意味で、この噴火以後から「新燃岳」と呼ばれるようになったようです。

2011年1月27日17:22 韓国岳からの新燃岳。
永友武治氏(霧島ネイチャーガイドクラブ)撮影。

1959年の噴火は、
享保噴火や
2011年噴火
に比べて、だいぶ
小さかったんだ!



硫黄山 若くて小さい火山



図2
えびの高原から望む
硫黄山。

えびの高原にある硫黄山も歴史時代に噴火した火山です(図2)。この山は、1962(昭和37)年まで硫黄を採掘していました。最近まで噴気活動が活発で、その影響で周囲に高い木が生えていません。硫黄山は長さ400mほどの溶岩でできた山です。その溶岩は1768年に流れ出たと考えられていました。しかし最近の研究では、それ以前の16~17世紀頃の噴火でつくられた可能性が高いことがわかってきました。

新燃岳 2011年噴火

ボラ★が降ってきた！

2011年1月26～27日に最も激しく噴火した一連の噴火は、軽石（ボラ）を多量に降らす大規模な火山活動でした。この噴火は、2010年3月30日の小規模な噴火に始まり、2011年9月7日の噴火を最後に、2013年3月末まで噴火は発生していません。この展示では、この一連の噴火を2011年噴火と呼びます。これから先の展示は、2011年噴火がどのような噴火であったかを紹介します。

★軽石のことを、霧島山周辺ではボラと呼んでいます。



① 5月27日の小噴火。
(古園俊男氏：霧島ネイチャーガイドクラブ撮影)



② 1月27日午後の大噴火。
(永友武治氏：霧島ネイチャーガイドクラブ撮影)



③ 2月1日の火口内溶岩。
(ヘリから空撮)



④ 2月1日の爆発的噴火。
(霧島市国分庁舎から、霧島市役所提供)

表1 2011年噴火

期		年	月日	噴火様式	火口から出た、火山灰などの(テフラ)量
前駆期 ①		2008	8.22	水蒸気噴火	約20万トン
		2010	3.30	水蒸気噴火	
		2010	4.17	水蒸気噴火	
		2010	5.27	水蒸気噴火	
		2010	6.27	水蒸気噴火	
		2010	6.28	水蒸気噴火	
		2010	7.5	水蒸気噴火	
		2010	7.10	水蒸気噴火	
		2011	1.19	マグマ水蒸気爆発	
主噴火期 ② ③ ④ ⑤	② 準プリニー式噴火	2011	1.26～1.27	準プリニー式噴火(大量の軽石を降らした噴火)	約3千万トン*
	③ 火口内溶岩の成長	2011	1.28～1.30	連続した火山灰を放出しながら、火口内に溶岩が放出、顕著な爆発を伴うブルカノ式噴火。	
	④ 顕著な爆発を伴うブルカノ式噴火	2011	2.1～3.1	顕著な爆発を伴うブルカノ式噴火、灰噴火。	
	⑤ 顕著な爆発を伴わないブルカノ式噴火	2011	3.3～9.7	顕著な爆発を伴うブルカノ式噴火、灰噴火。	

*この他、約3～5千万トン程度の溶岩が火口内に流出した。

2011年噴火は、噴火現象の種類から、5つのステージ(段階)に分けられます(表1)。

- ①前駆的な小規模な噴火の繰り返し
- ②軽石を放出した大規模な噴火(準プリニー式噴火)
- ③火口内への溶岩流出と連続した火山灰の放出
- ④爆発を伴い山麓に火山灰・火山礫を降らす噴火
- ⑤爆発を伴わないが山麓に火山灰・火山礫を降らす噴火

2011年9月7日を最後に、2013年3月末まで噴火が発生していません。しかし、山頂火口には、2011年噴火で流れ出た溶岩がつまっています。この溶岩は多量なので、なかなか冷えません。噴火から2年以上たちましたが、中はまだ完全に冷え固まってはいないようです。

霧島火山の周辺では
軽石のことを「ボラ」
というんだよ！



プリニー式、準プリニー式噴火

高く連続した噴煙を立ち上げ、多量の軽石を降らす噴火です。やや規模の小さなものは準プリニー式噴火と呼びます。ブルカノ式噴火と比べ、桁違いに大きな噴火です。

ブルカノ式噴火

突発的な爆発を伴い噴出物が火口から放出され、比較的短時間(数秒から数分程度)で終了する噴火です。主に火山灰やパン皮状火山弾などを噴出します。

新燃岳 2008 年噴火 50 年ぶりの噴火

2008年8月22日の夕方に、突然、新燃岳から小さな噴火が起こりました(図1、2、3)。当時は雨が降っており、山麓や監視カメラなどからは噴火が起きた様子は目撃されませんでした。しかし、比較的大きな火山性微動が観測された後に、山麓の小林市などに少量の火山灰が降りました。

この噴火では、新燃岳山頂火口から西側の山腹にかけての東西約 800 mにわたって小さな火口がいくつも形成されました(図1)。噴火は1日だけで終わりましたが、2年半後に、この時に山頂火口内につくられた火口から2011年1月の噴火が始まりました。



およそ50年ぶりの噴火でびっくりしたよ。
だれもけがをしなくてよかった。



図1 新燃岳山頂火口内のできた2008年噴火の火口群。
2009年2月4日撮影。噴火から約半年後にも勢いよく水蒸気を噴出していました。



図2 新燃岳から約3kmの大幡池付近に積もった火山灰。
厚さは数mmで粘土質。

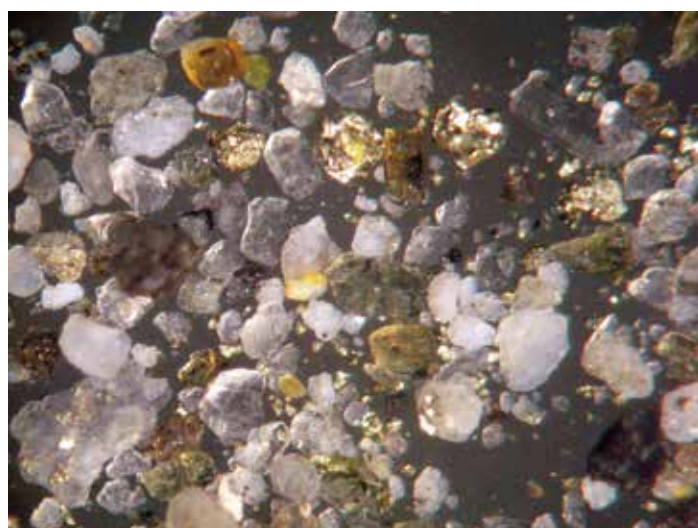


図3 火山灰粒子の実体顕微鏡写真。
火山灰粒子はそのほとんどが熱水変質した粒子からなります。
地下の熱水が噴出したことがうかがえます。写真の横幅は約4mm。

新燃岳 2011年噴火 2010年3月30日～2011年1月19日 小さな噴火をくり返し,そしてマグマが出た



図1 2010年7月10日の噴火。

噴煙は、雲の中に入り見えなくなりました。韓国岳から撮影。
見えている火口の直径は約800m。厚地博幸氏(霧島ネイチャーガイドクラブ)撮影。



図2 1月19日噴火の火山灰により、真っ白になった道路。

都城市片添付近(山頂から約10km東南東)。古園俊男氏(霧島ネイチャーガイドクラブ)撮影。



図3 1月19日噴火の火山灰に含まれる軽石。

中央の淡黄色の粒子が軽石質粒子。表面はガラス光沢をもち新鮮です。

2008年の噴火以降、新燃岳ではしばらく噴火は発生しませんでした。しかし、2010年3月30日、4月17日、5月27日、6月27日、6月28日、7月5日、7月10日の7回、噴火が繰り返し発生しました(図1)。これらの噴火は、火口から5kmほどの範囲にしか火山灰を降らさない小さな噴火でした。

2011年1月19日、それまでより大きな噴火が起こりました(図2)。この噴火による火山灰は、遠く太平洋側の日南海岸にまで達しました。降った火山灰の中には新鮮な軽石が含まれていました(図3)。今回の一連の噴火の中で、初めてマグマが出たことが確認されたのです。

軽石が出たことで、
マグマが
上がってきたことが、
わかったんだね。



新燃岳 2011年噴火 1月26～27日 たくさんのボラ（軽石）が降ってきた



図1 2011年1月27日午後の噴火（北西上空より）。

大規模な噴火が1月26日7時31分から始まりました。この噴火は、27日夜まで断続的に継続して、噴煙を高く上げ、多くの軽石を降らしました（図1）。2011年噴火の一連の噴火の中では、もっとも大きな活動です。

この噴火では、噴煙の高さが7kmにも達し、火口から放出された軽石と火山灰の量は、およそ2,300万トン*にもなります。

*25mプールのおよそ1万3千杯分。

都城市街でも、軽石の厚さは
5mm以上にもなったんだよ！

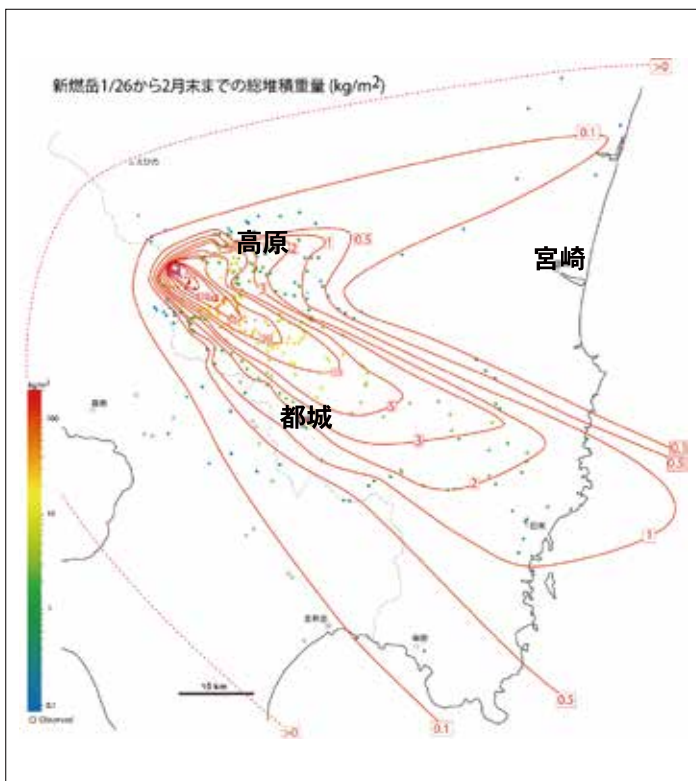


図2 2月末までに降った軽石・火山灰の範囲と量を示した図。
線の内側（囲まれた範囲）が線上の数字より多い範囲。
単位は、kg/m²。1kg/m²がおおよそ厚さ1mm。



図3 火山灰に被われた都城市中心部。
（都城駅付近、2011年1月28日朝。）

火口から吹き上げられた軽石は、上空の風に流され、遠く離れた地域にも降り積もりました（図2、3）。軽石が厚く積もった地域には、宮崎県第2の人口をかかえる街、^{みやこのじょう}都城市があります。10万人以上もの人が住む都市に、これだけ多くの軽石が降ったのは、戦後の日本で初めての事です。



1月27日4:30頃，新湯付近から．永友武治氏（霧島ネイチャーガイドクラブ）撮影



図1 1月27日の噴火は爆発とともに始まりました。

1月27日 17:12頃, 韓国岳から. 永友武治氏(霧島ネイチャーガイドクラブ)撮影.



図2 マグマと雷の競演も見られました。

1月27日 4:20頃 永友武治氏撮影.



図3 1月27日 20:25頃, 韓国岳から。

噴煙はだいぶ低くなっています。永友武治氏撮影。

1月26～27日の噴火は、最初は小さな噴火でしたが、だんだんと大規模な噴火へ変わりました。26～27日の間に3回の特に大きな噴火があり、それは26日15～18時、27日2～5時、27日16～18時の間です(図1、2)。

27日朝に噴火は一度小さくなったのですが、27日15時に爆発を伴いながら再び大きな噴火が起きました(図1)。しかし、この噴火はあまり長く続かず、夜には落ち着きました(図3)。

新燃岳 2011 年噴火 1 月 28 ～ 30 日 火口内に溶岩が！そしてたくさんの火山灰が降った！



図1 2月3日の火口.

西側上空から、新しく流れ出た溶岩のしわがよく見えます。



図2 噴火前の新燃岳の火口.

北側から、2002年8月15日、瀬尾 央氏撮影.

1月28日の朝、中田節也教授（東大地震研）らのヘリ観測で、火口内に溶岩が顔を出しているのも確認されました。

この流れ出た溶岩は、1月31日にはほぼ火口いっぱいを埋めつくしました（図1）。直径600m、厚さ100mほどの大きさで、1,500万～1,900万 m^3 * もの量の溶岩が火口に溜まったのです。この溶岩で以前、火口にあった池（図2）はすっかり埋まってしまいました。

*25m プール、およそ2～3万杯分。



噴火前の池は溶岩で
うまったんだね！



図1 火山灰が降っている最中の高原町。

走る車もよく見えません。このような時は視界が不良な上、車がスリップしやすく危険です。2011年1月28日8時半頃、高原町役場撮影。



図2 新燃岳からの噴煙と灰が積もった作物（高原町）。

2011年1月28日11時30分頃 高原町役場撮影。

溶岩が火口内を埋めつつある時、火山灰*も連続して降ってきました。この火山灰は、西風が吹いていた時に降ったため、東側の宮崎県高原町方面に多量に降りました(図1、2)。その一方、1月26～27日の軽石は、北西風の時に降ったため、新燃岳南東の都城市街地方面に厚く積もりました。

1月28日以降、2月上旬までに降った火山灰は300～400万トンもの量になります。これは、最近の桜島が1年間で降らす火山灰の量とほぼ同じです。数日で桜島1年分もの火山灰が降ったので、一面灰色の世界になりました。

* 火山灰は直径2mm以下の火山噴出物。

新燃岳 2011年噴火 2月1日～3月2日

爆発的な噴火が続く



図1 2月1日噴火。

鹿児島県霧島市国分(約20km南西)から、噴煙は4,000mほどの高さになりました。霧島市役所提供。



図2 火山弾(白矢印)により開いた穴。

火口から西南西3kmの県道1号線沿い。穴(クレーター)の直径約5m。

2月1日以降、爆発を伴いながら火山礫*や火山灰が、山麓に降ってくる噴火がたびたび発生しました。特に2月1日の噴火(図1)によって、火口から3km離れた地点に大きな火山弾が複数飛んできました(図2、3)。飛んできた火山弾のうち最大のもので、県道沿いに、その衝撃で直径5mほどの穴(クレーター)を2ヶ所も開けました。また、爆発の際の振動(空振)で戸や壁が外れたり、窓ガラスが割れたりするなどの被害がでました。

* 火山礫は直径2～64mmの火山噴出物。64mm以上は火山岩塊。



図3 飛んできた火山弾は高温でした。落ちた場所の落ち葉が焦げています。高温の噴石・火山弾のせいで山火事が発生したところもありました。

新燃岳 2011年噴火 3月3日～9月7日 だんだんと噴火は少なくなった



2011年3月3日以降、それ以前と同様に、山麓に火山灰や火山礫を降らす噴火が続きました(図1)。しかし、爆発は伴わず、次第に噴火の間隔が開いてきました。2011年9月7日の小規模な噴火を最後に、現在(2013年3月)まで噴火は発生していません。

2月1日から9月7日までの間の噴火は、1回の噴火で数千～数十万トン程度の火山灰・火山礫しか噴出しませんでした。それらの全量も、多くても数十万トンと、少ないものでした。

図1 2011年4月3日の噴火。

8:50頃、宮崎県小林市から古園氏撮影。3月3日以降の噴火では規模が大きく噴煙は火口から3,000mまで達しました。

新燃岳の火口

2008年の噴火以降、新燃岳の噴火は大きく形を変えました。その様子を「新燃岳 2011年噴火 1月28～30日 火口内に溶岩が」の展示パネルとあわせてご覧下さい。火口内の溶岩は、現在、日本で最も若い溶岩です。噴火から2年以上たちましたが、熱伝導に基づき溶岩の冷却を計算すると、この溶岩の中のほうは、まだ完全に冷え固まっではないようです。



2009年5月2日 北方上空より。

噴気があがっているのが、2008年噴火の火口。瀬尾央氏撮影。



2011年3月11日 西方上空より。

2月1日以降の噴火による噴出物がのり、溶岩のしわが目立たない。



2011年3月4日 北西方上空より。

火口の東側が厚く噴出物に覆われているのがよくわかる。
霧島市役所提供。



2012年1月17日 西方上空より。

気温が低いためか噴気が目立つ。古園俊男氏撮影。

新燃岳 2011 年噴火 その時人々は (その 1)



図1 屋根からの火山灰の除去(宮崎県都城市).
作業中に屋根から転落する事故が多発しました。



図2 火山灰を被った農作物(宮崎県高原町).



図3 降灰中の様子(宮崎県高原町).
降灰中の視界不良や積もった火山灰の影響で、道路の通行止め、鉄道の運休が相次ぎました。



図4 空振による窓ガラスの破損(鹿児島県霧島市).
窓ガラスや外壁が破損しました。その他、降礫で太陽電池パネルなどの破損もありました。

2011年噴火は、降灰や空振に関連して、負傷者の発生や物的被害が数多くありました。しかし、人家のある地域に到達するような火砕流が発生しなかったこと、建物に大きな火山弾が落ちなかったことなどから、死者や建物への大きな被害はなかったようです。

被害は大きく分けると、降灰・降礫によるもの(交通網への影響、屋根などに積った火山灰や軽石を除く時の転落などの事故、建物の破損、農作物への被害)、空振によるもの(建物の破損)に分けられます(図1～4)。このうち、交通網への影響は、霧島山周辺の国道・県道や高速道路(宮崎自動車道)の通行止め、JR各線の運休、宮崎空港の閉鎖など、広範囲に及びました。

事故や建物の破損も、鹿児島県霧島市、宮崎県小林市、高原町、都城市など広い範囲で起こりました。事故は、除灰中のものが多かったため、軽石や火山灰が厚く積もった場所で多い傾向があります。また、短期間に多くの軽石や火山灰が降ったため、それらの捨て場の確保も難しい問題となりました(図5)。これら、人的・物的被害の他、観光客の減少など経済的な被害も大きなものでした。



図5 集められた軽石・火山灰(宮崎県都城市).
大量の軽石・火山灰が降ったため、その捨て場を確保するのに苦労しました。

新燃岳 2011 年噴火 その時人々は (その 2)

今回の新燃岳の噴火は、気象庁が噴火警戒レベルを出すようになってからの初めての大きな噴火でした。そのレベルと連動して警戒区域が設定されました。また、土砂災害防止法の一部改正後で、その施行直前の噴火でもありました。この土砂災害防止法の改正により、火山噴火による土砂災害の恐れがある場合、国が被害の及ぶ恐れのある区域・時期の想定を行うことになりました。それらの動きとあわせてどのような出来事、被害が生じたかを時間を追って紹介します。

新燃岳の噴火と主な被害・出来事

2011 年

1 月 26 日：朝から噴火が発生し 27 日未明まで続いた、徐々に規模が大きな噴火に移っていった。都城市・日南市・宮崎市などで広範囲に降灰。宮崎空港発着便の欠航が相次ぐ。宮崎自動車道高原 IC～田野 IC 間、国道 223 号線、県道の一部が通行止め。JR 日豊線田野駅～国分駅、日南線南宮崎駅～大堂津駅間、JR 吉都線都城～吉松駅間の運転見合わせ。

噴火警戒レベル 3 (引き上げ) 【2011 年 1 月 26 日 18:00 噴火警戒レベル 2 (火口周辺規制) から 3 (入山規制) に引き上げ。火口から概ね 2 km の範囲で大きな噴石等に注意が必要。】

1 月 27 日：高原町の県道 406 号の一部が通行止め。JR 日豊線田野駅～国分駅、日南線南宮崎駅～大堂津駅間、JR 吉都線都城～吉松駅間の運転が 14～15 時以降再開。霧島温泉の宿泊施設でキャンセル相次ぐ。

1 月 28 日：連続的な火山灰の放出が 31 日まで継続。9:55～13:20 宮崎空港が全面封鎖。終日全便欠航。この後、欠航などダイヤの乱れは 2 月中旬まで続く。JR 吉都線都城～吉松駅間の運転見合わせ。都城市内の小中学校では、降灰のため休校する学校も出た。宮崎県内で行われていた Jリーグキャンプが打ち切り。

1 月 29 日：火山灰が降り続き、除去作業が追いつかない状況。農業・畜産業への被害深刻化。

1 月 30 日：高原町では、火砕流を警戒し、深夜の時間帯にもかかわらず約 500 世帯、約 1,100 人に避難勧告を出した。1,134 人が公民館に避難。

噴火警戒レベル 3 (切り替え) 【2011 年 1 月 31 日 1:35 噴火警戒レベル 3 (入山規制) を切り替え。火口から概ね 3 km の範囲で火砕流に警戒が必要。火口から概ね 2 km の範囲で大きな噴石等に警戒が必要。】

1 月 31 日：宮崎県えびの市、鹿児島県霧島市が韓国岳、大浪池への立ち入りを禁止する入山規制。

2 月 1 日：7:54 に爆発的噴火が発生し、巨大な噴石が火口から 3 km まで達した。この噴火の空振により南西側の霧島市で窓ガラスなどの破損が発生。遠い所では火口から 12 km 離れた場所でも被害があった。

新燃岳 2011 年噴火 その時人々は (その 3)

噴火警戒レベル3(切り替え)【2011年2月1日11:20 噴火警戒レベル3(入山規制)を切り替え。火口から概ね4kmの範囲で大きな噴石等に警戒が必要。火口から概ね3kmの範囲で火砕流に警戒が必要。】

2月3日: 火山噴火予知連が、新燃岳の噴火は当分繰り返すという見解。

2月5日: 高原町では、避難勧告の大半を解除し、多くの住民は6日ぶりに帰宅した。
霧島市の旅館組合が沈静化を願い、清め式を行った。

2月6日: 降灰の影響で移動献血が延期。鹿児島県内の血液不足が深刻化。

2月7日: 内閣府が政府支援チームを派遣。

2月9日: 降灰の影響で土石流の危険が高まり、都城市では市として独自に住民避難の基準を作成。爆発的噴火は6日間発生なし。

2月10日: 土石流発生を警戒する避難準備情報を初めて発令。都城市が1,649世帯に出した。
この後、宮崎県都城市、高原町が基準雨量に達するたびに避難準備情報を発令。

2月14日: 5:07に爆発的噴火。宮崎自動車道路高原IC~小林IC間が一時通行止め。主に北西の小林市方面で降礫・降灰があった。空振による建物の破損の他、降礫により太陽電池パネルや車の窓の破損が多数あった。

3月1日: 19:23に爆発的噴火が発生。これ以降、爆発的噴火は発生していない。

3月4日: 噴火開始から本日12:00までの農作物の被害は、宮崎県側が12,165ha、鹿児島県側が147ha。

3月7日: 噴火開始から3月7日17:00までの人的被害は、重症17名、軽傷20名。軽傷1名を除き、灰の除去作業中の事故。

3月11日: 噴火開始から3月11日11:00までの旅館・ホテルのキャンセル状況は、宮崎県で3,432件、鹿児島県で約2万件。

噴火警戒レベル3(切り替え)【2011年3月22日17:00 噴火警戒レベル3(入山規制)を切り替え。火口から概ね3kmの範囲で大きな噴石等に警戒が必要。火口から概ね3kmの範囲で火砕流に警戒が必要。】

5月2日: 国土交通省九州地方整備局、土石流発生の恐れでの避難の参考となる雨量基準を1時間15mmないし20mmに引き上げ。

6月7日: 国土交通省九州地方整備局、土石流発生の恐れでの避難の参考となる雨量基準をすべての溪流で1時間20mmに引き上げ。

9月7日: 小噴火。この後2012年3月まで噴火は発生していない。

2012年

噴火警戒レベル3(切り替え)【2012年6月26日18:00 噴火警戒レベル3(入山規制)を切り替え。新燃岳火口から概ね2kmの範囲で大きな噴石に警戒が必要(警戒範囲を縮小)。】

7月15日: 9:00から、警戒範囲の縮小を受けて立ち入り規制区域が縮小され、大浪池、韓国岳、高千穂峰への登山が可能となった。

新燃岳 2011 年噴火 マグマはどこから来たのか

2011 年噴火のマグマはどこからきたのでしょうか？ それを知る一つの方法は、測量です。地面の膨らみや距離の変化を注意深く読み解くことでわかります。今ではそのような測量は、人工衛星を利用した GPS や干渉 SAR といった方法で行えます。それらの方法を利用した国土地理院による解析から、新燃岳の西北西 5 km の地下 6 ~ 7 km の所から、マグマが上がってきたことがわかりました (図 1、2、3)。また、上がったマグマの地下への蓄積は、2009 年 12 月頃から始まっていたようです (図 2 の上図)。

観測日: 2010/02/17 - 2010/11/20



図 1 SAR 干渉解析により検出されたマグマの蓄積に伴う隆起。 赤色の濃い所ほど地面の膨張性変動が大きいことを示します。この変動は、2011 年噴火のマグマの蓄積による隆起と解釈されます。小林ほか (2011) を基に鳥瞰図化。国土地理院小林知勝研究官作成。

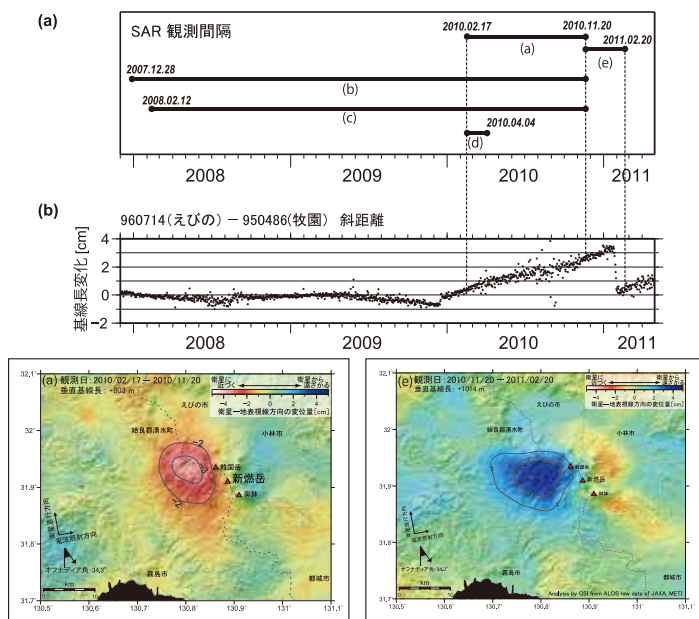


図 2 GPS 観測結果と SAR 観測間隔 (上図) と干渉画像 (下図)。 小林ほか (2011) より。GPS 観測結果はえびの - 牧園間の距離。下図の左は、2010 年 2 月 17 日 ~ 11 月 20 日の間に地下にマグマが溜まることに伴って地面が膨らんだ量を示しています。下図の右は、2010 年 11 月 20 日 ~ 2011 年 2 月 20 日の間に、主に 2011 年 1 月 26 日 ~ 2 月 1 日までの噴火によるマグマ噴出に伴って地面が縮んだ量を示しています。赤 (青) 色が濃い所ほど地面の変動が大きいことを示します。

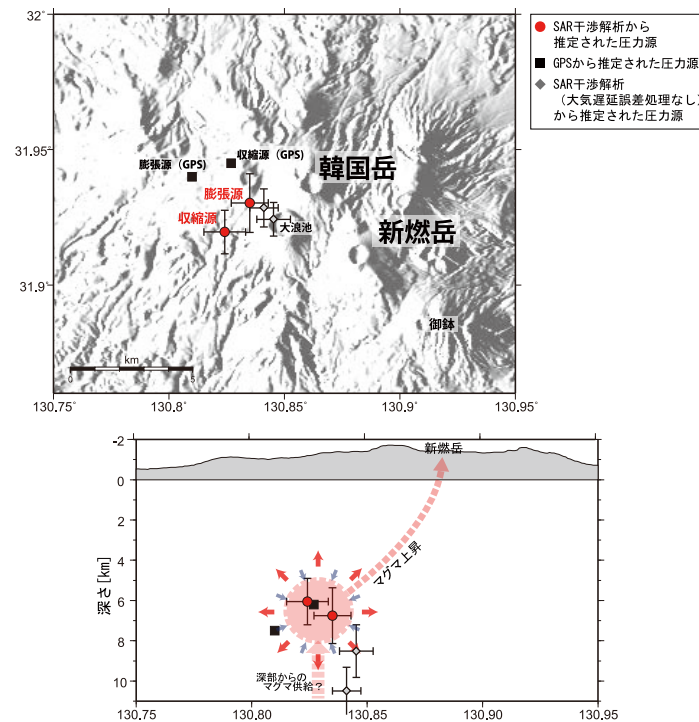


図 3 SAR 干渉解析、GPS によるマグマ溜りの位置の推定 (小林ほか、2011)。 赤丸が推定されたマグマ溜り。新燃岳西方 10 km、地下 6 ~ 10 km に膨張源が推定され、それが 1 月 26 日 ~ 2 月 1 日の噴火に伴う収縮源と一致することから、今回の噴火のマグマ溜りと推定されます。

新燃岳 2011 年噴火 どんなマグマが出たの？

2011 年 1 月 26～27 日の噴火で降ってきた軽石を調べてみたところ、灰色と白色の 2 種類のものが含まれていました(図1)。これらは、色だけでなく、化学組成も異なることがわかりました(図2)。つまり、今回の噴火では 2 種類のマグマが出ていたのです。この 2 種類の軽石と同じ組成の軽石が、江戸時代の享保噴火でも出ていました。今回も同じ性質のマグマが噴火したと考えられます。



図1 2011 年 1 月 26～27 日噴火で降ってきた軽石。
白色軽石(左)および灰色軽石(右) 軽石。

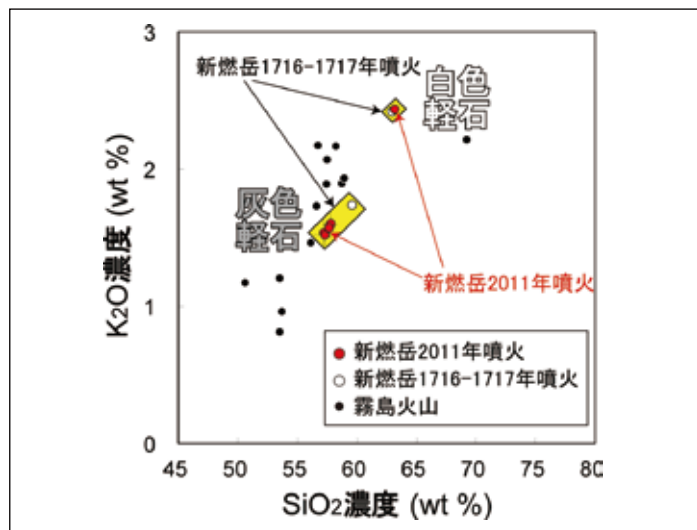


図2 1月26～27日噴火の軽石および火山弾の全岩化学組成。

この軽石を詳しく分析したところ、灰色軽石には、低温・高温マグマ起源の鉱物が混在していることもわかりました(図3)。そのため、灰色軽石は、低温マグマ(白色軽石)と高温マグマの2種類のマグマが混ざってできたことがわかりました。さらに、マグマが混ざったのは、地下6～8km程度にあるマグマ溜まりであることや、マグマが混ざってから3日以内に噴火したことがわかりました(図4)。

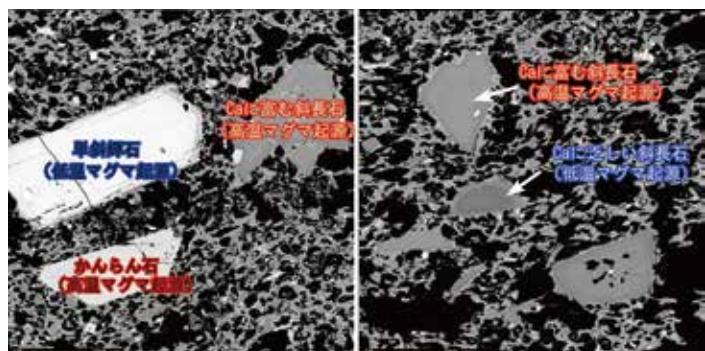


図3 1月26～27日噴火の灰色軽石の反射電子像。
研磨した軽石を電子顕微鏡で観察すると、化学組成によって明るさの違う画像が得られます。それが反射電子像です。Ca:カルシウム。Caに富む斜長石は高温、乏しい斜長石は低温マグマから晶出したものです。



軽石を調べると
地下のマグマのことが
わかるんだ！

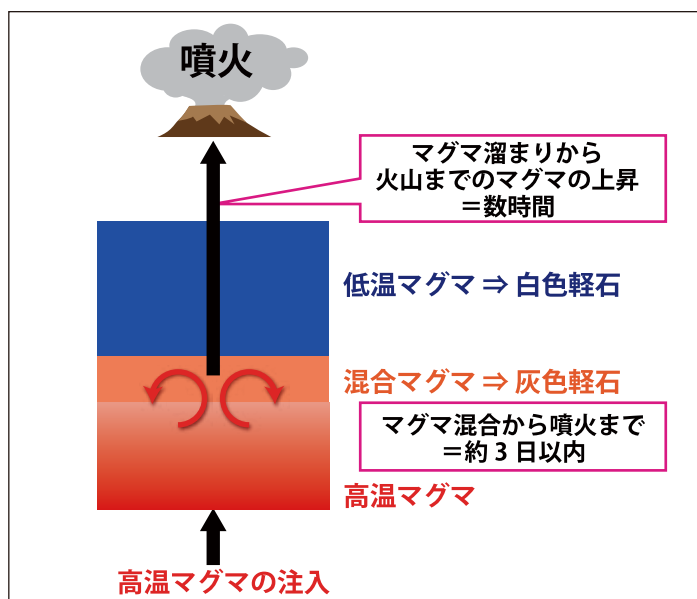


図4 新燃岳 2011 年噴火のマグマ混合モデル。
高温マグマが上昇し、マグマ溜まりに溜まっていた低温マグマと混合しながら噴火しました。

2011年噴火 産総研の行った現地調査

産総研は、霧島火山の地質情報をまとめた火山地質図を2001年に発行しています(図1)。火山地質図は、過去に何処でどのような噴火をしていたかを解説とともにまとめた地質図です。

今回の噴火でも、産総研は諸機関と協力して現地調査をし、火山活動の推移把握のための火山噴出物や火山ガスの観測・分析を行いました(図2、3、6)。噴火開始直後の1月27日に噴火対策本部を設置し職員を現地に派遣、緊急調査を実施しました(図3)。現地での調査結果をその日のうちに産総研対策本部(つくば)まで報告し、迅速に火

山噴出物の噴出量を見積もりました。さらに、無人飛行機などによる火山ガス観測(図2)、自動降灰測定器の設置(図4)のほか、周囲の自治体・小中学校等の協力により火山の周囲約40ヶ所に火山灰回収容器を設置しました(図5)。定期的に火山灰を回収して火山灰の分布とその量、成分の変化を迅速に把握しようと研究を進めました。



図1 霧島火山地質図(井村・小林, 2001)。

霧島火山地質図に地形陰影図を重ねたもの。地質の違いごとに色分けされ火山の成り立ちがわかります。



図2 火山ガス観測風景。

2011年5月18日。火山ガス観測装置を搭載した無人飛行機が、新燃岳の噴煙の中を飛行しました。

図3 火山灰調査風景。

2011年1月28日 都城市昆砂丸にて、一定面積あたりの火山灰の重量を調べるため、定面積で火山灰を採取します。



図4 新開発の自動降灰測定器。

インターネットの回線を利用して準リアルタイムに降灰量の測定が行えます。

図5 地元自治体と協力した降灰調査。

地元自治体協力して新燃岳周辺に40ヶ所ほど火山灰回収容器を設置し回収を行いました。



図6 噴出物の堆積状況の調査風景。

厚く積もった堆積物を観察し、試料採取や写真撮影を行います(2011年3月10日、高千穂峰南東山麓、都城市御池町)。

霧島火山の恵み 美しい風景と資源

火山噴火は恐ろしい災害も発生しますが、長い歴史の中では、それが起こるのは一瞬のことです。噴火のない時期、火山は美しい風景や温泉などで私達を楽しませてくれます。また豊富な地下水や温泉、地熱資源などを私たちに与えてくれます。



えびの市えびの高原上空から (霧島市提供)



霧島市丸尾滝 (霧島市提供)

霧島火山によって高原がつくられ、その中にある多くの火口は、湿原や湖となっており、高原の景観にアクセントを加えています。火口から流れ出た溶岩は削られにくいため、端には多くの滝がかかります。また、豊富な湯量を誇る、たくさんの温泉があり、地熱資源を利用した地熱発電所もあります。



霧島温泉 (霧島市提供)



鹿児島県湧水町丸池湧水

火山の地下の地質は、すき間が多いため地下水が豊富です。そのため、霧島火山の周辺には湧水がたくさんみられます。山麓には清涼飲料水メーカーの工場や焼酎の製造が営まれています。

火山から流れ出た溶岩や溶結凝灰岩などは、古くから石材として利用されています。国宝に指定された青井阿蘇神社(熊本県人吉市)の灯籠などには、溶結凝灰岩、現在の霧島火山の下にある加久藤カルデラから流れでた加久藤火砕流堆積物が使われています。



青井阿蘇神社

霧島火山の恵み 多様で貴重な植物

火山によって海拔 1,700m まで立ち上がる大きく高い山がつけられました。そのため、標高に対応した多くの種類の植物が観察できます。また、噴火や火山ガスによる植生の破壊によって裸地が形成され、多様な環境がつけられています。その多様な環境に対応して、特徴的な植物が多く生えています。特に韓国岳などの山頂部では、噴火と風の影響で高木が生えず、森林限界を超えた高山のような景観をつくります。そこには、背の低いミヤマキリシマの大きな群落があり、花の季節に私達を楽しませます。



赤とピンクのコントラストが
きれいです。
(霧島ネイチャーガイドクラブ提供)

✿ ノカイドウ ✿

世界でも霧島にしか自生していないバラ科リノゴ属の落葉低木です。そのほとんどがえびの高原の溪流に沿って生えています。春に咲かせる花の素晴らしさから、1922 (大正 12) 年に国の天然記念物に指定されました。昔は溪流沿い以外の場所にも多く生えていたと考えられていますが、現在はえびの高原付近の火山活動の低下などが影響し、大きい木が生えにくい溪流沿いに残されている状況です。毎年数が減少し、絶滅危惧種になっています。そのため関係者による対策が進められています。

✿ ミヤマキリシマ「深山霧島」✿

植物学者の牧野富太郎が「深い山に咲く花」という意味で命名しました。霧島は大群落がみられることで有名です。開花は5月末～6月初旬で、紫紅色の花をつけます。明るい環境を好むため、火山活動によってつけられる裸地に群落をつくります。かつて新燃岳や中岳でも大群落がありましたが、今回の火山活動でダメージを受けました。しかし、度重なる火山活動に耐えて、たくましく生きる植物です。そう遠くない将来には噴火前の状況に戻るでしょう。



ミヤマキリシマと御鉢。
(霧島ネイチャーガイドクラブ提供)

稜線部はミヤマキリシマの低木がハイマツのように群生し高山帯のような景観です。
(霧島ネイチャーガイドクラブ提供)



霧島火山の恵み 登ってみよう韓国岳

霧島火山は、日本で最初の国立公園です。日本ジオパークでもあります。2011年の噴火の跡を訪ねながらジオパークで『生きている大地』を体感しましょう。

えびの高原から韓国岳に登ると、霧島ならではの植物、植生とともに火山活動の息吹も感じられます。途中の硫黄山では大きなパン皮状火山弾が観察でき、韓国岳山頂からは新燃岳火口内の溶岩が望めます。韓国岳やえびの高原周辺では、ノカイドウやミヤマキリシマの他、多くの固有種にであえます。

韓国岳山頂からの新燃岳火口内の溶岩 (2012年9月9日撮影)。
現在日本で一番若い溶岩!



野生動物に会うことも!
(エサはあたえないでね)

火山ガスの影響でススキ原となったえびの高原と硫黄山。韓国岳登山道より望む。右側の岩山が硫黄山。硫黄山からの火山ガスの影響で周囲がススキ原(草原)となっています。最近は火山ガスの影響が少なくなったため、徐々に森林に戻りつつあります。



防災対策もしっかり!

高千穂河原には万が一に備えて立派な退避壕がつけられました。この周囲ではまだ2011年噴火の軽石が厚く残り、降りたての軽石の上を歩けます。



ジオパークならではのお土産が!

2011年の火山灰を利用した灰干しや噴火の絵ハガキ, その他のオリジナルグッズもたくさんあります。

大地の公園 ジオパーク

日本には25地域*のジオパークがあり、そのうち5地域が世界ジオパークです。火山、湖、海岸の断崖、面白い形の岩、美しい地層、化石などさまざまな地学的見所に加えて、地域の地形や地質が育んだ美味しい食べ物や水もジオパークの楽しみです。さらには伝統工芸や伝統芸能、歴史的な建物や遺跡も実は地形や地質と関わりのあるジオパークの見所です。国内のジオパークで、活火山のあるジオパークは、10地域にもなります。

*2013年3月現在。

- 世界ジオパーク
- 日本ジオパーク



- 写真提供：
- ・日本ジオパークネットワーク
 - ・洞爺湖有珠山(洞爺湖有珠山ジオパーク推進協議会)
 - ・糸魚川(糸魚川ジオパーク協議会)
 - ・島原半島(島原半島ジオパーク推進連絡協議会)
 - ・磐梯山(磐梯山ジオパーク協議会)
 - ・白山手取川(白山手取川ジオパーク推進協議会)
 - ・伊豆大島(伊豆大島ジオパーク推進委員会)
 - ・箱根(箱根ジオパーク推進協議会)
 - ・伊豆半島(伊豆半島ジオパーク推進協議会)
 - ・阿蘇(財団法人阿蘇地域振興デザインセンター)
 - ・霧島(霧島ジオパーク推進連絡協議会)

この日本地質図は、(独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター発行の「20万分の1日本シームレス地質図 DVD版(2009)」を使用しています。

新燃岳の成り立ちと噴火

及川輝樹（産総研・地質情報研究部門）・田島靖久（日本工営（株））

1. はじめに

新燃岳は、2011年の噴火の以前から、軽石を降らす噴火を行い成長してきました。それらの噴火がどのような噴火であったのかを、ここで紹介します。

2. 先歴史時代

新燃岳は安山岩質のマグマによって作られた火山です。この新燃岳の誕生は、約18,000年前にさかのぼりますが、韓国岳起源の小林軽石が降った、約16,700年前頃には一旦活動を休止しました（井村・小林, 1991；奥野, 2002）。現在の山頂部を形作った噴火は、約10,400年前の瀬田尾軽石の噴出に始まります（井之上, 1988；井村・小林, 1991；奥野, 2002；田島ほか, 2011, 2012）。その後、鬼界カルデラ起源の鬼界アカホヤ火山灰（約7,300年前）の噴火以前に、両部池D溶岩を火口から流しました。約5,600年前には前山軽石を降らし、約5,600～4,500年前の間のいつかの時期に両部池C溶岩が流れ下りました。約4,500年前に新湯軽石を降らし、約4,500～2,300年前の間のいつかの時期に両部池B, Aの各溶岩を流しました（田島ほか, 2011, 2012）。両部池A溶岩は、通称「兎の耳」をつくる溶岩で、約2,300年前の噴火でできたと考えられています（田島ほか, 2011, 2012）。その後、江戸時代の1716～17年（享保噴火）と2011年に軽石を降らす規模の大きい噴火、準プリニー式噴火が発生しています。このように、新燃岳は、軽石を降らすような規模の大きな噴火を最近1万年間に5回（瀬田尾軽石、前山軽石、新湯軽石、享保および2011年噴火）、数千年に1回の割合で行ってきましたが、1716～17年（享保噴火）と2011年噴火の間は、300年程度の間しかありません。長期的にみて、新燃岳は活動期に入ったのかもしれませんが。

3. 江戸時代

新燃岳の歴史記録に残る噴火は、いずれも江戸時代からです。江戸時代の噴火は、1716～17（享保元～二）年に起きた享保噴火と1822（文政四）年の文政四年噴火です。享保噴火については、地元に残り多くの記録が多く残されています。それらを基にすると、以下のようにまとめられます（及川ほか, 2012）。享保噴火は、7期に細分され、第1期：噴火の開始（1716年4月10日、5月7日）、第2期：山麓への初めて

の降灰（1716年9月26日）、第3期：1回目の大規模な噴火（1716年11月9日）、第4期：小規模な噴火（1716年12月4～6日）、第5期：繰り返し発生した大規模な噴火とその後の比較的小規模な噴火の頻発（1717年2月9～22日）、第6期：比較的小規模な噴火の頻度が減少（1717年3月3日、3月8日、3月11日、4月8（？）日）、第7期：最後の噴火（1717年9月6日）とに分けられます。このうち特に規模の大きかったものは第3期（1716年11月）、第5期（1717年2月）です。享保噴火は軽石を伴うマグマ噴火であったことが知られており（井村・小林, 1991）、その内、規模の大きい噴火時には、噴石による死傷者、家屋や寺社の焼失が記録されています。この噴火による火山灰や軽石は、新燃岳東方の宮崎県高原町、小林市野尻町、都城市の中心部、都城市高崎町、同高城町、同山之口町に主に降りました。火山から30 km離れた山之口町において周囲が18～21 cmにもなる石が降ったことが記録されており、大規模な噴火であったことがうかがえます。さらに、ラハール（火山泥流）が東側の高崎川から大淀川にかけてと南側の霧島川を流れ下ったことが記録されています。

地質学的な調査からも、この噴火は、主に軽石を降らし、それと同時に火砕流を流した規模の大きな噴火であることがわかっています（井村・小林, 1991）。享保噴火の噴出物の総量は、約 2×10^{11} kg*（2億トン）で、2011年噴火（約 3×10^{10} kg*）より一桁大きくなっています。なお、歴史記録からは火砕流の発生は読みとれませんが、これは人家のある範囲に火砕流が到達していないためと考えられます（及川ほか, 2012）。

1822年1月11ないし12日（文政四年十二月十九ないし二十日）にも新燃岳は噴火しました。この時の噴火は、ほぼ1日で終了したことが記録からわかっています（及川ほか, 2012）。この噴火は、噴火の継続期間が短く、顕著な降灰や火山礫・火山岩塊の降下による被害も記録されていないこと、現在も野外で堆積物を認識できないこと（筒井・小林, 2011）から、小規模な噴火であったと結論づけられます。しかし、1月14日と16日にラハール（火山泥流）が発生し、それにより川魚などが死に、住民が飲み水を得ることが難しくなったことが記録に残されています（及川ほか, 2012）。このラハールは、降雨などを原因としない、火山体内部の水が溢れ出る事によって発生したと考えられます。

4. 20世紀以降

1822年以降、新燃岳の噴火活動は1959年までありませんでした。近年の噴火活動は、1959年(昭和34年)の噴火と2011年1月からの噴火およびその前駆的な活動(以下、2011年噴火とよびます)の2つに大きく分けられます。2010年から始まる2011年噴火の前駆的な活動の前に、1年以上の噴火の休止期において2008年8月22日にも噴火活動がありました(下司ほか、2010)。さらに、1991年11月～1992年5月にかけて微噴火および噴煙活動の活発化もありました(井村、1991)。

1959年の噴火活動は、2月17日14時30分に始まり17時50分頃まで継続し、主な活動は、わずか1日で終了しました。その降灰は東方40km程度離れた宮崎市の海岸部まで達しました(種子田・松本、1959;福岡管区気象台ほか、1959)。この噴火は、主に変質した火山岩片・火山灰からなるテフラを放出したことから、水蒸気噴火と判断されています(福岡管区気象台ほか、1959;井村・小林、1991)。しかし、少量のマグマが出た可能性も指摘されています(種子田・松本、1959)。この噴火により降った火山灰の総噴出量は約 9×10^9 kg (900万トン)と推定されています(福岡管区気象台ほか、1959)。この噴火による火山灰は、酸性であったため、火山灰が積もった地域では樹木や田畑の作物が枯れる被害が出ました。特に林業への影響は長い間あったようです。2008年噴火、2011年噴火については、別に詳しく述べます。

新燃岳の活動は、過去の活動を整理すると、1日程度で終了する小さな噴火と、小さな噴火が頻発した後、大きな噴火が発生する大規模な活動に大きく分けられます(及川ほか、2012)。

注)

* 火口内に流れ出た溶岩は除く。

文 献

- 福岡管区気象台・鹿児島地方気象台・宮崎地方気象台(1959) 昭和34年2月17日の霧島山新燃岳の爆発。新燃岳爆発調査報告, 1-15.
- 下司信夫・宝田晋治・筒井正明・森 健彦・小林哲夫(2010) 霧島火山新燃岳2008年8月22日噴火の噴出物。火山, 55, 53-64.
- 井ノ上幸造(1988) 霧島火山群高千穂複合火山の噴火活動史。岩鉱, 83, 26-41.
- 井村隆介(1991) 霧島火山群新燃岳1991～92年の小活動。火山, 37, 281-283.
- 井村隆介・小林哲夫(1991) 霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動。火山, 36, 135-148.
- 及川輝樹・筒井正明・大學康宏・伊藤順一(2012) 文献史料に基づく江戸期における霧島火山新燃岳の噴火活動。火山, 57, 199-218.
- 奥野 充(2002) 南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究。第四紀研究, 41, 225-236.
- 種子田定勝・松本徂夫(1959) 霧島火山新燃岳1959年2月の爆発。地質学雑誌, 65, 703-704.
- 田島靖久・林信太郎・安田 敦・菊井稔宏・伊藤英之・小林哲夫(2011) 霧島火山群・新燃岳の先史時代の噴火について。地球惑星連合2011年大会予稿集, 2011, SVC070-P03.
- 田島靖久・林信太郎・安田 敦・伊藤英之(2012) 新燃岳の活動史について。第四紀学会講演要旨, no.42, 72-73.
- 筒井正明・小林哲夫(2011) 霧島, 新燃岳の歴史時代の噴火の再検討: 明和及び文政の噴火について。地球惑星連合2011年大会予稿集, 2011, SVC070-P04.

新燃岳 2011 年噴火

古川竜太・及川輝樹（産総研・地質情報研究部門）

1. 2011 年噴火の始まり

その時、研究者は？（ある研究者の回想）

2011 年 1 月 26 日朝、職場で珈琲を啜っていると同僚が部屋に飛び込んできました。「霧島山が大噴火する！」。

霧島山は 10 個以上の火山が集合した火山群の総称で、その 1 つである新燃岳は前週の 1 月 19 日に小噴火していました。気象庁から届いた 1 月 19 日の火山灰は最大 10 % の新鮮な軽石を含み、マグマが地表に近づいていることを示唆していました。同僚は研究者の勘だけで言ったわけではなかったのです。いくつかある新燃岳のライブカメラには新燃岳の噴火が次第に勢いを増している様子がまざまざと映し出されていました。

さっそく緊急対応チームが結成され、現地調査班とつくば指令班に分かれて、作業分担を決めました。火山の一生に比べると研究者の一生ははるかに短いので、古川は現地調査を志願しました。その晩は非常に激しい噴火となり、さっそくインターネットの動画サイトには火山弾が激しく飛び散る様子が流れていました。

2. 2010 年繰り返し小規模な噴火

2011 年噴火は次のような経過をたどり噴火しました。2008 年 8 月 22 日に、1959 年以来、約 50 年ぶりに噴火が発生しました。この噴火で、火口から北東 20 km の範囲に降灰し、噴出量は 20 万トンと推定されています（下司ほか、2010）。

2010 年には 7 回（3 月 3 日、4 月 17 日、5 月 27 日、6 月 27 日、6 月 28 日、7 月 5 日、7 月 10 日）の小噴火があり、火口から 10 km 程度の範囲に降灰がありました。これらの噴火ではいずれもはっきりとしたマグマ物質は認められませんでした。噴火の間隔が次第に短くなってきていたことは注目すべき点でした。また、GPS 観測からは、マグマ溜まりへの新たなマグマの貫入と考えられる変動が 2009 年 12 月から認められていました。

2011 年に入ると 1 月 19 日に噴火が起こり、細粒軽石を含む火山灰が山麓に降りました。火山灰は火口から南東 60 km 以上の範囲に分布し、噴出量は 6 万トンと推定されます（小林ほか、2011）。火山灰中には 10 % 以下の新鮮な軽石粒子が含まれていたことから、噴火はマグマ水蒸気噴火であったことが判明しました。このことを研究者が知ったのは、新たな噴火の開始の直前でした。

3. 1 月 26 ~ 27 日 そしてボラ（軽石）が

2011 年噴火のクライマックスは、1 月 26 ~ 27 日の軽石噴火です。軽石のことを、霧島のお膝元では、古くから“ボラ”とよんでいます。

このクライマックスの噴火は、1 月 26 日 7 時 31 分から始まりました。灰黒色の噴煙が出て噴火は始まり、その後、コックステイル状の噴煙も断続的に現れました。14 時 49 分頃から噴煙高度が高まり、17 時過ぎに火口から高さ 7 km (海拔 8.5 km) に達しました（新堀・福井、2012）。その後、噴煙高度は一旦低下しますが、19 時頃から再び高まり、翌 27 日 4 時頃には 7 km に達し、周囲では強い鳴動が感じられました。噴煙高度が 5 km 以上に及んだのは約 6 時間で、新燃岳火口の東南東側の広い範囲に降下火砕堆積物を残しました。火口から 3 km 離れた高千穂河原では厚さ 18 cm の降下火砕堆積物が観察されます（図 1）。堆積物は発泡の悪い灰色の軽石が主体で、火口周辺にあったと思われる溶岩や、軽石が落下時にたたき落とした木の枝葉を含んでいます。降下火砕堆積物は新燃岳から東～南東に広がりました（図 2）。衛星観測から噴煙は太平洋に広がり、四国沖から東海沖に達しました。降下火砕堆積物の噴出量は海上に降下したと推定される分を合わせて約 2,100 万トンと推定されます。1 月 27 日の日中は低い噴煙が火口から溢れるように流れていましたが、15 時 41 分の爆発音とともに噴煙はふたたび高く上がり、火口から 7 km に達しました。噴煙が 5 km 以上の高度に達していた時間は 3 時間弱でした。17 時す



図 1 火口から南東 3 km 地点（高千穂河原）での降下火砕堆積物。雪の上に 1 月 19 日の降下火山灰（厚さ 2 cm）、その上に 1 月 26 日～27 日午前中の降下火砕堆積物（18 cm）が載る。主に灰色の軽石礫からなり植物片を含む。1 月 27 日 14 時 05 分撮影。

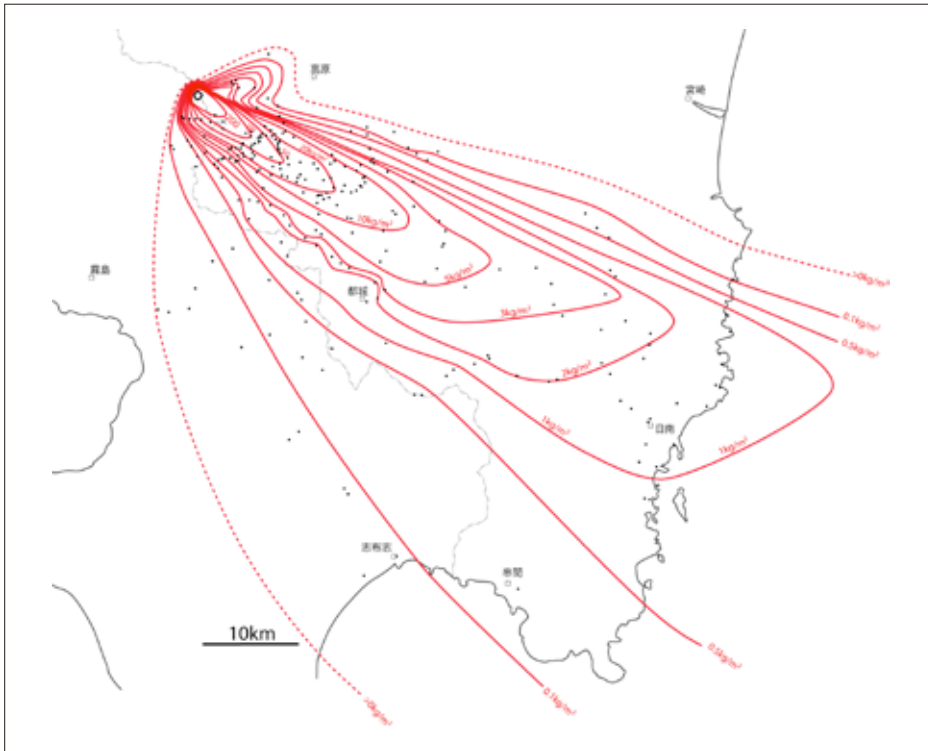


図2 1月26日～27日午前中までの降下火砕堆積物の堆積重量分布図 (kg/m²) .

ぎには強い鳴動が続き、火口の北側に火山弾が飛ぶ様子が観測されました。噴煙はやや南側に振れて、南東へ降下火砕堆積物を分布させました(図3, 4)。この噴煙は太平洋に伸び、東海沖に達したことがわかっています。降下火砕堆積物の噴出量は約220万トンと推定されます。噴煙高度と堆積物の粒径分布の性質から、噴火は準プリニー式噴火のカテゴリーに該当することが判明しました。

31日には火口を埋め、2月2日には火口内を満たして直径600mに達しました(Nakada *et al.*, 2010)。流れたての火口内の溶岩は、まるでパンケーキ(ホットケーキ)のようです。体積は約1,500～1,900万m³と見積もられています(下野ほか, 2011; 小澤, 2012)。この火口内溶岩の流出中も爆発的噴火が発生し、多量の降灰をもたらしました(図5)。

火口内を溶岩が満たした2月以降も噴火は発生しま

4. 2011年1月28～30日 大量の火山灰とパンケーキのような溶岩

1月28日午前に新燃岳火口内に溶岩が出現し、1月



図3 1/27 午後の降下火砕堆積物。
4/12 高千穂河原(火口から南南東3km)にて。

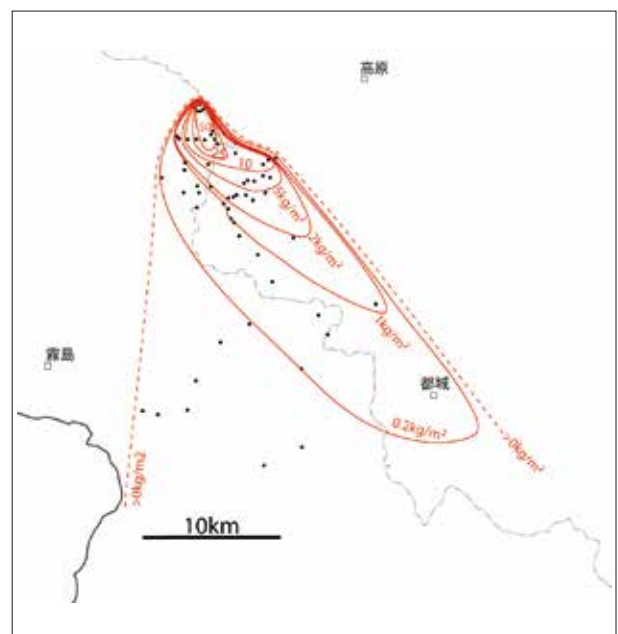


図4 1月27日午後の降下火砕堆積物の堆積重量分布図 (kg/m²) .



図5 2011年1月28日～
2月9日の降灰分図 (kg/m²) .

した。爆発的な噴火が複数回発生し、火口内を満たす溶岩に複数の爆発火口が形成されました。2月1日から3月1日には20回、3月2日以降、2011年9月末までは、噴火頻度は低下したものの、小規模な噴火も含めて16回の噴火が発生しました。1月28日から2011年5月末までの降下火砕堆積物の噴出量はおよそ300～400万トンと推定されます（及川ほか、2011）。

2011年2月中旬までは爆発的な噴火を頻りに繰り返していましたが、2月下旬以降は、3月および4月は週に1回程度、それ以降は1ヶ月に0～数回程度にまで噴火頻度が減少しました。爆発的な噴火も3月1日を最後に発生していません。一連の活動の最後の噴火は、2011年9月7日に発生したもので、これ以降、現在（2012年3月末）まで噴火は発生していません。2月以降のこれらの噴火は、1回の噴火の噴出量が千～数十万トン程度の噴火でした（西来ほか、2013）。

文献

福岡管区気象台・鹿児島地方気象台・宮崎地方気象台（1959）
昭和34年2月17日の霧島山新燃岳の爆発。新燃岳爆発調査報告，1-15。
古川竜太・下司信夫・中野 俊・星住英夫・宝田晋治・竹内晋吾・土志田潔・田島靖久・筒井正明（2011）霧島山新燃岳火山

2011年1月噴出物の緊急調査。地球惑星連合2011年大会予稿集，SVC050-05。
下司信夫・宝田晋治・筒井正明・森 健彦・小林哲夫（2010）霧島火山新燃岳2008年8月22日噴火の噴出物。火山，55，53-64。
小林哲夫・田島靖久・筒井正明・山越隆雄・木佐洋志（2011）霧島火山・新燃岳2011年マグマ噴火の先駆的噴火。地球惑星科学連合大会講演要旨，SVC070-P06。
Nakada, S., Kobayashi, T. and Japan Meteorological Agency（2010）Kirishima (Japan) large eruption of Shinmoe-dake begins in January 2011. *Bulletin of the Global Volcanism Network*, 35, no.12, 2-4。
西来邦章・及川輝樹・古川竜太・大石雅之・中野 俊・宮城磯治（2013）霧島火山新燃岳2011年3月～2012年2月の降灰量調査：即時的降灰量推定の予察的検討。火山，58，no.2（印刷中）。
及川輝樹・古川竜太・中野 俊・下司信夫・西来邦章・三輪学央・篠原宏志・星住英夫・東宮昭彦・田中明子（2011）新燃岳2011年1月28日以降の降下テフラ。地球惑星連合大会2011年大会講演予稿集，SVC070-P20。
小澤 拓（2012）合成開口レーダーによる新燃岳火口内溶岩の変化。火山噴火予知連絡会会報，no.108，234-235。
新堀敏基・福井敬一（2012）種子島・福岡レーダーで観測された2011年霧島山（新燃岳）噴火に伴う噴煙エコー頂高度の時間変化。火山噴火予知連絡会会報，no.108，189-196。
下野隆洋・南 秀和・西井康郎・大野裕幸・渡部金一郎（2011）航空機SARによる霧島山（新燃岳）の火口地形観測。国土地理院時報，no.121,189-194。

新燃岳 2011 年噴火のマグマ

斎藤元治・東宮昭彦・宮城磯治・下司信夫（産総研・地質情報研究部門）

1. はじめに

どのようなマグマが噴火したかを知るには、噴出した火山岩（軽石、火山弾、溶岩、火山灰など）を調べる必要があります。そのためのツールが岩石学です。産総研では岩石学を用いて霧島火山など活動的火山のマグマについて研究を進めています。

2. どんなマグマが噴火した？

火山岩はマグマが噴火時に急冷してできる岩石で、噴火前のマグマの情報を保持しています。火山岩は、斑晶（0.1 mm 以上の大きさの鉱物）、石基（ガラスと 0.1 mm 以下の微小な鉱物で構成）、空隙（噴火前・噴火中には火山ガスが存在していた）で構成されています（「どんなマグマがでたの？」 p.23 の図3）。産総研では、噴火が始まった 1 月から噴出物について継続的に観察・分析を実施しています。主な分析項目は、火山岩の化学組成、鉱物の種類・量比・化学組成、メルト包有物や石基の化学組成、火山灰構成粒子の種類・量比、等です。ここでは、2011 年噴火の最盛期である 1～2 月の噴出物について岩石学研究からわかったことを紹介します。

火山岩の全岩化学組成はマグマの基礎的な情報のひとつです。1 月 26～27 日の準プリニー式噴火で放出された灰色軽石と白色軽石（「どんなマグマがでたの？」の図 1）、2 月 1 日のブルカノ式噴火の火山弾の全岩化学組成を蛍光 X 線分析装置で測定しました（どんなマグマがでたの？」 p.23 の図 2；下司ほか，2011）。これらの SiO₂ 濃度は 57～62 wt% で、いわゆる安山岩という種類になります。安山岩は、デイサイト（例えば 1990～1995 年の雲仙普賢岳の噴火マグマ）と玄武岩（例えば 2000 年の三宅島噴火マグマ）の中間的な組成です。また、噴出物の主体である灰色軽石と火山弾の化学組成はほぼ一致しましたが、わずかに存在する白色軽石は灰色軽石よりも高い SiO₂、K₂O 濃度を持つ、分化した組成でした。このことより、今回の噴火に 2 種類のマグマが関与したことが明らかになりました。このような 2 種類のマグマの存在は、江戸時代の享保噴火（1716～1717 年）でも指摘されています。

次に、もう少し“ミクロな目”で火山岩を調べてみましょう。1～2 月噴火噴出物に含まれる斑晶は、斜長石、単斜輝石、斜方輝石、かんらん石、磁鉄鉱で、その斑晶量は 26～28 vol% でした。電子線マイクロ

アナライザー（EPMA）という数 μm の微小領域を化学分析できる装置で主要鉱物の斜長石を分析したところ、斜長石斑晶の中心部は幅広い組成を示し、カルシウム成分の濃度（An）には、An50～60 と An80～90 にピークがあることが判明しました（図 1）。斑晶の中心部の組成は斑晶の晶出開始時のマグマを反映しているので、斜長石が 2 種類のマグマから形成されたことを示しています。一方、噴火直前に形成される斑晶の外縁部や石基の微小斜長石の組成は An60～70 に集中し、1 種類のマグマであることを示しています。これらの結果は、2 種類のマグマが噴火直前には混ざって“混合マグマ”になったことを示しています。また、鉱物やメルトの化学組成からマグマの温度を推定したところ、880℃、960～970℃、1,100℃が見積もられました（東宮ほか，2011；斎藤ほか，2011）。また、その混合割合については、岩石学的解析から、高温マグマと低温マグマが質量比 4：6 で混ざったと見積もられています（斎藤ほか，2011）。

以上の分析から、噴火マグマの形成と噴火過程についてまとめると以下ようになります。分化した低温マグマで構成されたマグマ溜まりが噴火前にすでに存在していました。噴火直前に深部から上昇してきた未

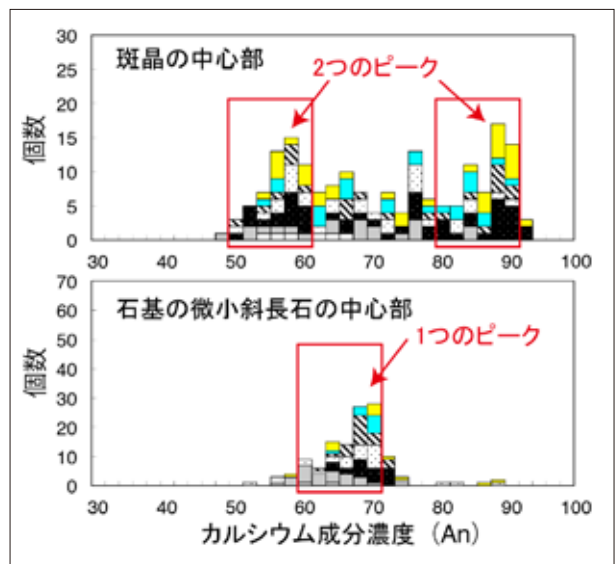


図 1 斑晶（上）および石基（下）の斜長石の中心部の化学組成とその出現頻度。横軸は斜長石のカルシウム成分の濃度を示す。白色：1716～1717 年（享保）噴火、灰色：1 月 19 日噴火、黒色、縞状およびドット：1 月 26～27 日噴火、水色：2 月 1 日噴火、黄色：2 月 14 日噴火。

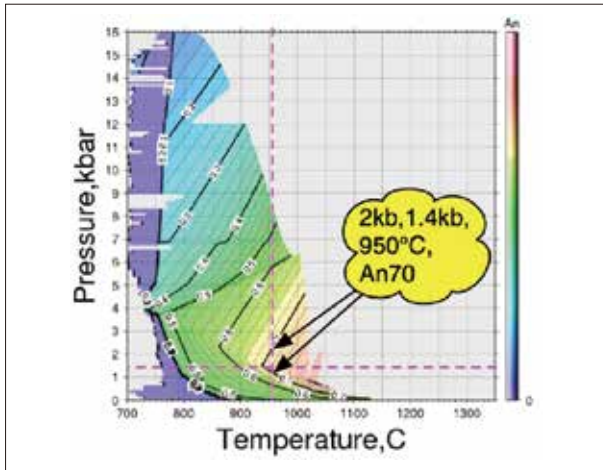


図2 MELTS プログラムの計算例。

横軸はマグマ温度，縦軸はマグマ圧力を示す。赤色の点線の交点が1月26～27日噴火灰色軽石の場合を示す。1kb=100MPa。

分化の高温マグマが，マグマ溜まりに注入し，混合マグマが形成され，噴火したと考えられます（「どんなマグマがでたの？」p.23の図4）。

3. どこから？どのくらいの時間で？

では、マグマ溜まりはどこにあったのでしょうか？この問いに答えるために，“MELTS”というマグマの相平衡に関するシミュレーションプログラムを用いて、マグマ溜まりの深さ（圧力）を推定してみました（宮城ほか，2011）。1月26～27日噴火の灰色軽石の全岩化学組成，斜長石の化学組成，温度，含水量等の情報からMELTSを用いて計算した結果，マグマ溜まりの圧力は140～200MPaと見積もられました（図2）。この圧力は深さ約6～8kmに相当し，地球物理学データから推定されているマグマ溜まりの深さ（10km程度；中田・森田，2012）とおおよそ一致しています。さらに，詳細な岩石学的な解析により，噴火現象がどのような時間をかけて起きているかを推定する事ができます。今回の噴火のように，化学組成の異なるマグマが混ざると，メルト・斑晶間の元素の濃度差の変化により，斑晶内で元素の移動（拡散）が起こり，元素濃度分布（ゾーニング）が生じます。この拡散は噴火によって停止します。このゾーニングパターンを測定し，斑晶内の元素の拡散係数とから，マグマ混合から噴火までの時間を見積もることができます。1月26～27日噴火軽石の磁鉄鉱内のアルミニウムやマグネシウムなどのゾーニングを調べ（図3），マグマ混合が起きてから噴火するまでの時間を見積ったところ，3日以内（平均1日程度）という短時間であることがわかりました（東宮ほか，2011）。かんらん石という別の斑晶についても同様な結果が得られています（斎藤ほか，2011）。つまり，マグマ混合が起きた後，比較的短時

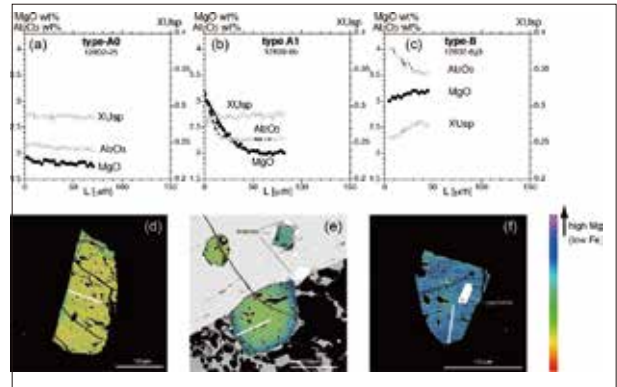


図3 1月26～27日噴火軽石の磁鉄鉱の元素濃度分布。

元素濃度分布には主として(a),(b),(c)の3タイプが存在した。(a),(b),(c)の横軸は斑晶の外縁からの距離(μm)，縦軸はMgO濃度，Al₂O₃濃度およびウルボスピネル成分濃度(XUsp)を示す。(d),(e),(f)は(a),(b),(c)の分析を行った磁鉄鉱の面分析結果で，色はMg濃度を示す。

間で噴火に到ったことを示しており，マグマ混合と噴火の密接な関係を示唆しています。このように地下のマグマの状態や動きは分析・観測手法の発達で推定できるようになってきました。しかし，なぜ噴火するかという疑問については実はまだよくわかっていないのが現状で，今後の火山研究の課題と言えます。

文献

- 下司信夫・斎藤元治・東宮昭彦・宮城磯治・古川竜太・中野 俊・星住英夫・宝田晋治（2011）霧島山新燃岳火山2011年1月噴火を駆動したマグマ。日本地球惑星科学連合2011年大会講演要旨，SVC050-04。
- 宮城磯治・斎藤元治・下司信夫・東宮昭彦・石塚 治（2011）霧島火山新燃岳2011年噴火：マグマ溜まりの収支。日本火山学会2011年度秋季大会講演予稿集，p.33。
- 中田節也・森田裕一（2012）霧島山新燃岳噴火に関する総合調査の概要と噴火シナリオ。日本地球惑星科学連合2012年大会講演要旨，SVC50-21。
- 斎藤元治・下司信夫・篠原宏志（2011）鉱物・メルト包有物分析から推定される霧島火山新燃岳2011年噴火のマグマ混合・脱ガス過程。日本火山学会2011年度秋季大会講演予稿集，p.30。
- 東宮昭彦・斎藤元治・下司信夫・宮城磯治（2011）新燃岳2011年噴火直前の高温マグマ注入過程：磁鉄鉱に着目した解析。日本火山学会2011年度秋季大会講演予稿集，p.31。

噴火警戒レベルと住民避難—新燃岳 2011 年噴火

池辺伸一郎（阿蘇火山博物館）・佐藤 公（磐梯山噴火記念館）

1. 噴火警戒レベル

気象庁は、2007（平成 19）年 12 月から、それまでの火山情報に変えて、噴火警報を出す仕組みにしました。噴火警戒レベルは、火山活動の状況に応じた「警戒が必要な範囲」（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）を踏まえて、防災機関や住民等のとるべき行動を 5 段階（「避難」、「避難準備」、「入山規制」、「火山口周辺規制」、「平常」）に区分して発表するものです。それ以前の気象庁の火山情報は、火山活動の状況を情報提供し、火山防災は地域でやってくださいというものでしたが、噴火警戒レベルでは、火山情報に加えて、地域の火山防災対応を連動させるものとなりました。

霧島火山についても「噴火警戒レベル」が以下のとおり導入されています。また、地元行政らによって噴火警戒レベルに対応した「霧島火山防災マップ」も従来のものから一新して 2009（平成 21）年に作成されています。

2. 新燃岳噴火と住民避難

今回の新燃岳の噴火では、高原町は 1 月 30 日深夜、南狭野区、北狭野区、花堂区と中平区の一部、513 世帯 1,158 人に避難勧告を出しました。町総合福祉保健センター「ほほえみ館」など 4 カ所の避難先では、約 600 人が不安な一夜を過ごしました。高原町の日高町長は「住民は火山の恐怖におののいているので、迅速かつ安全に避難させたかった。600 人をスムーズに避難させることができた。住民の防災意識も高かった」と説明しました。

町の避難勧告については、「気象庁の噴火警戒レベル 4 が『避難準備』なので、レベル 3 での勧告は難しい判断だったと思う」などとの評価がなされたようです（河野宮崎県知事談話:2011.2.1 付 毎日新聞による）。

一方、気象庁としては、「噴火警戒レベル毎の防災対応に関してはレベル導入時に宮崎県や高原町と協議し、地域防災計画の暫定版として運用されている。当時噴火警戒レベルは 3 であったが、新燃岳の噴火活動が活発化し住民が自主避難するなど、住民の間には噴火に対する不安感が大きくなっていくことを高原町長さんが考慮され、避難勧告の判断をされたものと推察する」とコメントしています。

これらの対応については、「高原町の過剰反応」といった声や「気象庁はレベルを上げるべきだった」など

の意見も一部では聞かれましたが、今回はそれぞれの立場で難しい判断がなされたものと思われる。今回の噴火をきっかけに、自治体と気象庁がこれまで以上に強い関係を作ることができたことは、今後の火山防災にとっては大きな意味を持っています。他の火山地域でも、この事例に学び、自治体と気象庁などの防災機関は、日頃からの顔の見える関係を作らざるを得ないでしょう。何れにしても、今後も住民の生活と安全を考えながら関係機関が連携して対応していくことがもっとも大切なことです。

3. 火山地域とジオパーク

日本には 110 ケ所の活火山（2013 年 3 月時点での気象庁資料による）がありますが、国立公園や国定公園など、いわゆる自然公園となっているところも多くみられます。それは、火山活動がつくる変化に富んだ多様な火山地形や清らかで豊かな湧水、温泉などがあることが大きな要因でもあるでしょう。

これらの活火山地域のうち、10 地域がジオパークに認定されています（p.28 参照）。火山地域のジオパークとしての重要な役割は、上記のような要素に加えて、その地域の動植物、歴史や文化、人々の暮らしに関することなどと火山との関わりについて、学際的に伝えていくことです。その方法として、知的で楽しいストーリーに基づくジオツアーや解説看板、パンフレット、博物館展示などを活用すべきでしょう。

また近年では特にジオハザードといった面から、火山防災についての普及啓発も大きな役割となってきました。日本には多くの活火山があることから、それぞれの火山の持つマグマの性質や噴火形態も様々です。それぞれの火山の特徴を出しながら、世界へ火山防災のメッセージを発信していくこともできるのではないのでしょうか。このことは、日本のジオパークならではの重要で特徴的な活動のひとつであり、世界ジオパークへの貢献につなげていくべきことからです。例えば、今回の霧島の新燃岳のような準プリニー式噴火は、軽石質の火山灰を短時間のうちに大量に降らせました。このことによって周辺地域に大きな被害を与え、また地域住民には噴火やその後の災害に対して大きな不安感を募らせました。このような現代の噴火に加えて、日本の火山地域のジオパークでは過去に様々な噴火を経験しています。例えば、カルデラ形成を伴うような

巨大噴火（阿蘇ジオパーク：約9万年前）、山体崩壊（磐梯山ジオパーク：1888年）、溶岩流出（伊豆大島ジオパーク：1986～87年）、溶岩ドーム崩壊型の火砕流（島原半島ジオパーク：1991～95年）、マグマ貫入による地殻変動（洞爺湖・有珠山ジオパーク：2000年）、海底噴火（伊豆半島ジオパーク：1989年）などです。

とくに火山の噴火は私たち人間のタイムスケールからすると、その活動間隔が長く発生頻度が低いために、一般の人々からすれば身近なものとしてはとらえづらい面があります。そういった部分を具現化してわかりやすく、一般の人々や子どもたちに伝えることが、火山防災意識を広げていくことにつながるものと思われま

す。一方で、今回の活動において、学校や一般の人々だけでなく、観光関係者も火山地域に暮らしていることを再認識しながら、日頃からのジオパーク活動の成果として、この噴火をある程度冷静に受け止めることができました。具体例として、霧島温泉の女将がマスコミからの取材に次のように話しています。「霧島は活火山なのだから、噴火するのは当たり前です。」。

そして、他のジオパーク地域からの支援も積極的に行われました。さらには県を超えての火山灰除去などの支援活動もスムーズに行うことができました。このようなことから、ジオパーク活動が地域の火山に対する意識向上につながるという好例でもあります。

火山地域のジオパークとしては、以上のように外向けの情報発信とともに、地域に向けた取り組みも重要であり、今回の霧島新燃岳の噴火は火山地域におけるジオパークの役割を再考させてくれるきっかけともなりました。火山の噴火と防災、それと人々の生活との関わりなどについて、幅広く火山をとらえ、多くの人々に情報発信していくことも、火山にかかわるジオパークの大きな役割です。

なお、「活火山」とは気象庁が管轄する火山噴火予知連絡会によって次のように定義されています。『概ね1万年以内に噴火した火山及び現在活発な噴気活動のある火山』。2013（平成25）年3月現在、日本には25のジオパークがあり、その約3分の1が活火山地域となっています（p.28参照）。

精密立体地質模型の開発と博物館展示への応用

芝原暁彦（産総研・地質標本館）

1. はじめに

博物館や学会で地形や地質関連の展示をするにあたって、地形図や地質図を分かり易く解説する事は非常に重要です。特に霧島火山のように、度重なる噴火活動が作り出した特徴的な地形を解説するには、図面を用いた視覚的な展示が欠かせません。しかしながら、専門教育や一定期間のトレーニングを受けた経験がなければ、地質の積み重なりと、それがもたらす地形の特長を図面から読み取る事は困難を伴います。

一般的に、複雑な地形情報を分かり易く可視化・分析するには三次元コンピュータグラフィックスによる立体表示を行います（例えば、Shibahara and Uchida, 2010）。しかしながら、パソコンや携帯端末などの平面的な画面情報だけでは立体構造の把握が難しく、より三次元的に物体を知覚する何らかの手段が必要となります（吉森ほか, 1999）。

この問題を解決するため、地形と地質の分布を直感的に視認できる精密な地質模型を開発しました。この模型は地質標本館における特別展示や各地のジオパーク、学会でのプレゼンテーション等で利用されています（伊藤ほか, 2010；渡辺・芝原, 2012）。

2. 模型の造型とプロジェクションマッピング

本記事で紹介する精密地質模型は、三次元造型機によって造型した地形模型の表面に、地質図や地形図の情報をプロジェクターで投影したものです（図1）。こ

のように、立体物の表面に画像や映像を投影する手法は「プロジェクションマッピング」という名称で知られており、既に各地の博物館やエンタテインメント施設などで幅広く活用されています（北田ほか, 2012）。

今回開発した模型には、従来よりも精度の高いプロジェクションマッピングを行うための特殊なデータ処理方法と、立体造型技術が用いられています¹。これにより、地質図や地形図といった精密な図面の投影が可能となりました。

模型の製作には三次元造型機を使用しました。三次元造型機は加工方法によって大きく2種類に分かれ、積層方式のものを3Dプリンタ、切削方式のものを3Dプロッタと呼称しますが、今回のケースでは、造型スピードと寸法安定性²に優れた3Dプロッタ（ローランド・ディーゼル株式会社社製 MDX-40）を採用しています。

模型を作るための地形データとしては、数値標高モデル(Digital Elevation Model: DEM)を利用しています。具体的には国土地理院発行の各種数値地図やスペースシャトルのレーダーによって得られた立体地形データ(Shuttle Radar Topography Mission: SRTM)、また海底地形データとして地質調査所の250mグリッド地形データ(岸本, 2000)やNOAA National Geophysical Data Center (NGDC) 発行の全球地形データ等を使用しています。

いずれの数値標高モデルも、GIS³に読み込んで逆距離加重法による補間⁴を行い、等高線の形状を付加した上で三次元CAD⁵形式のソリッドモデルデータ⁶に加工し(図2)、3Dプロッタによる出力を行いました。完成した地形模型の表面に精緻なプロジェクションマッピングを行う事で、三次元的に図面を解説する事が可能となります。

屋外でのプロジェクションマッピングにはバッテリー等の電源確保が必要となります。しかしプロジェクターによる投影のかわりに、図面を印刷したフィルムを模型に貼り付けた地質模型を使用することで、プロジェクションマッピングと同様の効果を得ており、電源の確保が困難な野外巡検において利用されています(伊藤ほか, 2012, 2013)。



図1 模型へのプロジェクションマッピングの様子。
(左：投影前、右：投影後)。

3. 霧島火山の地質模型

本特別展の会場で展示している霧島火山精密地質模型についても、これまで解説したものと同様の技術を使用しています(図3)。度重なる噴火が作り出した地形を、手で触れて感じてください。

霧島火山精密地質模型諸元

造型範囲：21.50 × 21.50 (km)
 模型サイズ：29.05 × 29.05 (cm)
 縮尺：1/74,000
 高さ方向強調倍率：1.30
 等高線間隔：10 (m)
 総ポリゴン数：287,296

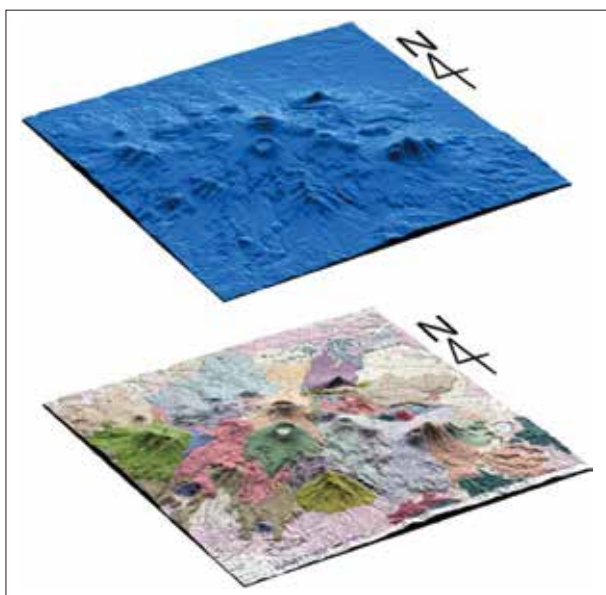


図2 新燃岳周辺地形のソリッドデータモデル(上), および三次元CADを用いた霧島火山地質図の投影シミュレーション(下)。造型範囲は韓国岳を中心とした21.5 km四方の地域。

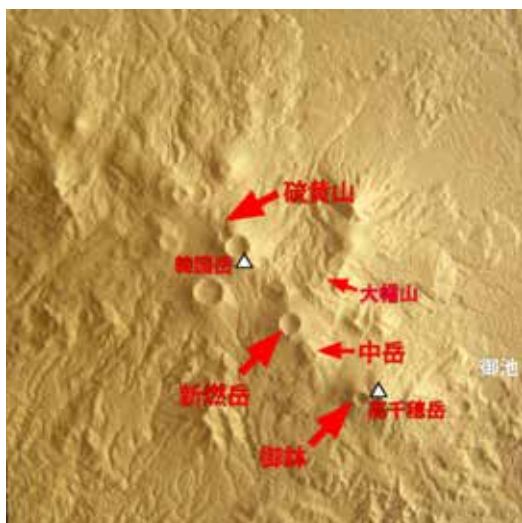


図3 造型された模型(投影前)。

注)

- *1 特許出願中のため詳細については公開できない。(特願 2012-172692, 画像と立体造型物のシンクロナイズ)。
- *2 造型中の発熱などによる温度や湿度の増減によって大きさや容積が変化しないこと。
- *3 地理情報システム (geographic information system: GIS)。数値化された地図情報を手がかりに、コンピュータ上で様々な情報を管理, 分析するシステム。
- *4 点状のデータから, 面状のデータを推定すること。
- *5 コンピュータ支援設計 (computer aided design: CAD)。コンピュータを用いて設計を行うツール。
- *6 体積を持った三次元データ。

文献

Shibahara, A. and Uchida, M.(2010) Multibeam bathymetric and sediment profiler evidence for ice grounding and crater on the Chukchi and Beaufort borderland, Arctic Ocean. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2010, abstract #PP13B-1520.*

伊藤順一・西来邦章・芝原暁彦 (2010) 地質ジオラマを用いた3D火山地質情報展示. 地質ニュース, no. 671, 34-38.

伊藤 孝・岡崎智鶴子・芝原暁彦・澤村 寛・三田直樹 (2012) 伸縮自在印刷用フィルムを生かした立体地形モデルの作製とその教材化. 日本地学教育学会 第66回全国大会 岩手大会 講演予稿集, 132-133.

伊藤 孝・岡崎智鶴子・芝原暁彦・澤村 寛・三田直樹 (2013) 伸縮自在印刷用フィルムを活用した立体地形モデルの作製とその教材化の試み. 地質学雑誌, 119, 39-44.

岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: Japan250m.grd. 地質調査所研究資料集, no. 353, 地質調査所.

北田大樹・和田孝志・白井暁彦 (2012) RFIDとプロジェクションマッピングを活用した科学館向けエンタテインメントVRシステム. 情報処理学会エンタテインメントコンピューティング研究会 2012 EC2012.

吉森勇人・松宮雅俊・竹村治雄・横矢直和 (1999) 2次元/3次元空間のシームレスな融合によるモデリング環境. 日本バーチャリアリティ学会大会論文集, 4, 353-354.

渡辺真人・芝原暁彦 (2012) 第5回ジオパーク国際ユネスコ会議報告. GSI地質ニュース, 1, no. 11, 351-352.

第3回火山巡回展

霧島火山

—ボラ（軽石）が降ってきた！ 新燃岳の噴火とその恵み—

著者

及川輝樹¹⁾、筒井正明²⁾、田島靖久³⁾、芝原暁彦¹⁾、
古川竜太¹⁾、斎藤元治¹⁾、池辺伸一郎⁴⁾、
佐藤 公⁵⁾、小林知勝⁶⁾、下司信夫¹⁾、西来邦章¹⁾、
東宮昭彦¹⁾、宮城磯治¹⁾、中野 俊¹⁾、渡辺真人¹⁾

所属：

- 1) 独立行政法人産業技術総合研究所（産総研）
- 2) ダイヤコンサルタント株式会社
- 3) 日本工営株式会社
- 4) 阿蘇火山博物館
- 5) 磐梯山噴火記念館
- 6) 国土地理院

執筆分担

p.2～3：及川・筒井・田島・西来・芝原
p.4～5：筒井・及川
p.6およびp.8：及川・田島
p.7：及川・筒井
p.10：下司
p.11：及川・下司
p.12～18：及川・古川
p.19～21：及川・佐藤・池辺
p.22：小林
p.23：斎藤・東宮・宮城・下司
p.24：及川・中野
p.9およびp.25～27：及川
p.28：芝原・渡辺
p.29～30：及川・田島
p.31～33：古川・及川
p.34～35：斎藤・東宮・宮城・下司
p.36～37：池辺・佐藤
p.38～39：芝原

レイアウト

吉田清香，芝原暁彦（産総研・地質標本館）

協力・資料提供

赤崎広志，厚地博幸，千葉達朗，古園俊男，川畑 晶，
川辺禎久，中島和敏，永友武治，森川政人，六部一智久，
坂之上浩幸，瀬尾 央，白池 凶，宝田晋治，霧島市，
高原町，宮崎県総合博物館（以上，敬称略）

霧島火山に関する主な参考文献（本展示で引用した主な文献）

- ◆霧島火山全般について
井村隆介・小林哲夫（2001）霧島火山地質図. 1：50,000 火山地質図 11, 1sheet, 地質調査所.
- 長岡信治・新井房夫・檀原 徹（2010）宮崎平野に分布するテフラから推定される過去60万年間の霧島火山の爆発的噴火史. 地学雑誌, **119**, 121-152.
- 奥野 充（2002）南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究. 第四紀研究, **41**, 225-236.
- ◆御鉢について
筒井正明・奥野 充・小林哲夫（2007）霧島・御鉢火山の噴火史. 火山, **52**, 1-21.
- 筒井正明・富田克利・小林哲夫（2005）霧島・御鉢火山における2003年12月以降の噴気活動と明治～大正時代の火山活動. 火山, **50**, 475-489.
- ◆新燃岳について
井村隆介・小林哲夫（1991）霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動. 火山, **36**, 135-148.

主催

産業技術総合研究所 地質標本館

共催

全国火山系博物館連絡協議会
霧島ジオパーク推進連絡協議会
（霧島ジオパークHP <http://www.mct.ne.jp/users/kiri-geopark/>）

後援

霧島ジオパーク活性化会議
霧島ネイチャーガイドクラブ
ジオネットワークつくば

巡回予定の火山系博物館のHP

磐梯山噴火記念館 <http://www.bandaimuse.jp/>
立山カルデラ砂防博物館 <http://www.tatecal.or.jp/top.htm>
阿蘇火山博物館 <http://www.asomuse.jp/>
雲仙岳災害記念館 <http://www.udmh.or.jp>
桜島ビジターセンター <http://www.sakurajima.gr.jp/svc/>

引用例

【本パンフレット全体を引用する場合】

及川輝樹，筒井正明，田島靖久，芝原暁彦，古川竜太，斎藤元治，池辺伸一郎，佐藤 公，小林知勝，下司信夫，西来邦章，東宮昭彦，宮城磯治，中野 俊，渡辺真人（2013）第3回火山巡回展 霧島火山 一ボラ（軽石）が降ってきた！ 霧島火山新燃岳の噴火とその恵み一. 地質調査総合センター研究資料集, no.578, 40p.

【個別のページを引用する場合】

古川竜太・及川輝樹（2013）新燃岳2011年噴火. 第3回火山巡回展 霧島火山, 地質調査総合センター研究資料集, no.578, p.30-31.

及川輝樹・筒井正明・大學康宏・伊藤順一（2012）文献史料に基づく江戸期における霧島火山新燃岳の噴火活動. 火山, **57**, 199-218.

小林知勝・飛田幹男・今給黎哲郎・鈴木 啓・野口優子・石原 操（2011）「だいち」SAR干渉解析により捉えられた霧島山（新燃岳）の火山活動に伴う地殻変動とその圧力変動源の推定. 国土地理院時報, no.121, 195-201.

◆p.3の火山地質および約7,300年前以降の霧島火山活動史で使用した文献（前出のものは除く）.

田島靖久・林信太郎・安田 敦・伊藤英之（2012）新燃岳の活動史について. 日本第四紀学会講演要旨集, 42, 72-73.

田島靖久・松尾雄一・庄司達弥・小林哲夫（2013）霧島火山, えびの高原における最近15,000年間の活動史. 火山, 投稿中.

筒井正明・小林哲夫（2008）霧島, 大幡山周辺における鬼界アカホヤ噴火前後の火山活動. 日本火山学会講演予稿集, 2008, 137-137.

筒井正明・小林哲夫・伊藤英之・前田昭浩（2005）霧島・中岳火山の噴火活動. 日本火山学会講演予稿集, 2005, 121-121.