

報 告

2011年新燃岳噴火に関連した博物館教育実践報告

A Educational Practice Report on Volcanic Experiments at Kanagawa Prefectural Museum, with Reference to Shinmoe-dake Volcano Eruption 2011

笠間友博¹⁾

Tomohiro KASAMA¹⁾

Key words: Shinmoe-dake, museum, educational program, understanding of eruption

1. はじめに

神奈川県立生命の星・地球博物館では、児童・生徒の火山に関する理解を深めるため、独自に開発した実験を出張授業で実施している（笠間ほか、2010, 2011）。

火山は時として噴火することがあり、直接被害を受けなくとも、児童・生徒を含めその時々社会に大きな影響を与える。ただし、その頻度は極めて低く、学習時期と重なることはほとんどない。そのため、博物館で火山噴火実験の授業を行っても、それが実際に起きた噴火現象の理解に貢献したかを検証する機会はほとんどない。

ところが、2011年1月、霧島山新燃岳で噴火が起きた。筆者は、その4～2ヶ月前に神奈川県内の小・中学校で出張授業を行っていた。そこで、行った火山噴火実験の授業が今回の新燃岳噴火を理解する上で役に立ったのかどうか、また児童・生徒がどのような火山活動に関心を持ったか等についてアンケート調査を行った。本報ではこの結果について報告し、噴火前の授業直後に行っていたアンケート調査の結果との違い等について若干の議論を行った。

2. 2011年霧島山新燃岳の噴火

新燃岳は2008年、2010年にも小規模な噴火が

あったが、一般に知れ渡る状況ではなかった。しかし、2011年1月19日から活動が活発化し、次第にマスコミ等にも取り上げられるようになった。以下、アンケート調査を行った2月中旬までの活動を、日本火山学会（2011）によりまとめると次のようになる。

本格的なマグマ噴火が始まったのは1月26日午後からで、18時50分に灰白色の噴煙が火口縁上2,000 mに達し、多量の火山灰を噴出した。噴煙は南東方向に流れ、広範囲で多量の降灰があった。1月27日15時41分、1959年以降52年ぶりの中規模爆発的噴火があった。1月28日午前の東大地震研の観察では、溶岩の噴出と小規模な火砕流の痕跡が確認された。1月30日には、溶岩が直径500 mほどの大きさに成長した。高原町では火口東側の一部町民に避難勧告を出した。2月1日には爆発的噴火によって多くの窓ガラスが割れ、負傷者も出た。また、火口の南西3.2 kmの地点で、長径70 cm、短径50 cmの噴石が確認された。その後連続的に火山灰を放出していた噴火は、2月9日頃から断続的となった。2月14日には爆発的噴火で放出された1.5～5 cmの噴石が、火口から16 kmの小田市周辺に落下し、車のサンルーフなどが破損した。

3. 実施した火山噴火実験の授業

授業は、以下の2タイプを行った。

(1) 水槽実験

噴煙の挙動を扱う水槽実験を、小学校理科実験

¹⁾神奈川県立生命の星・地球博物館
〒250-0031 神奈川県小田原市入生田 449
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History
499 Iryuda, Odawara, Kanagawa 250-0031, Japan
kasama@nh.kanagawa-museum.jp

の集合体として再構成させたもので、児童参加型の演習実験である(笠間ほか, 2011)。食塩水を大気に見立て、チョークと真水の混合液を噴煙に見立てる。大気より軽い噴煙は噴煙柱を形成して上昇し、重い噴煙は火砕流となり崩れ落ちる(図1)。学習できる項目は、噴煙の上昇と噴煙柱の形成、噴煙崩壊と火砕流の発生、火山灰の降下・堆積といった火山分野の内容の他に、質量・体積・温度の計測、食塩の溶解および水溶液作製、溶液と溶けない混合物の違い、屈折率、溶解熱、サイフォンの原理など科学の一般的な内容を含む。1時間展開で行った。

(2) 廃油実験

児童・生徒が班別に実験台上で火山を噴火させながら作製する実験である(笠間ほか, 2010)。溶岩として凝固剤入りの加熱廃てんぷら油を押し出し、火山灰として色砂をエアダスター(スプレー缶式)からのガスで噴出させる(図2)。学習できる項目は、溶岩の噴出・流下および土地の変化、火山灰の噴出・降下および土地の変化、弾道状の火山岩塊の放出および落下、マグマの粘性と火山の形、マグマの貫入と山体の膨張、カルデラ形成、中心噴火と側噴火、噴火と山体崩壊、山体内部の成層構造観察など多岐にわたる。2時間展開で行った。



図1. 水槽実験のようす. 上昇する噴煙柱と火砕流の発生.



図2. 廃油実験のようす. 富士山型成層火山作製.

(3) 実験実施校

実験授業は神奈川県内の以下4校で実施した。各校で実験直後に、実験が火山の理解に役立ったか等についてアンケート調査を行い(図3)、新燃岳噴後に実験が噴火理解に役立ったか等のアンケート調査を行った(図4)。アンケート用紙は、基本的に博物館で用意したものを使用し、担当教員の判断でルビを付したり平仮名表記をしたり、質問表現を変化させた。

茅ヶ崎市立A小学校6年4クラス:理科の授業として水槽実験を2010年9月29日実施した。アンケートは実験直後に129名、噴火後に120名から回答を得た。

小田原市立B小学校6年2クラス:理科の授業として廃油実験を2010年10月22日に実施した。富士山型の成層火山を作製した。アンケートは実験直後に42名、噴火後に58名から回答を得た。

藤沢市立C小学校6年4クラス:理科の授業として水槽実験と廃油実験をそれぞれ2010年11月2日と5日に実施した。廃油実験は富士山型の成層火山を作製した。新燃岳噴火後に噴火を伝えるNHKテレビニュースを編集したビデオを見せて理科担当教員が授業を行った。質問項目のどのようなことが起きているか知っているかについて、事前に知っていた項目とビデオを見て知った項目に分けてアンケートを実施した。実験が役に立ったかのアンケートは、時間の都合上、廃油実験との

このアンケートです(小6, 中1用)。 2010.X.X ○○学校○年

実験は、おもしろかったですか(数字のところに、1つ〇をつけてください)

- ①たいへんおもしろかった
- ②どちらかというと、おもしろかった
- ③どちらともいえない
- ④どちらかというと、おもしろくなかった
- ⑤まったくおもしろくなかった

この実験により火山について理解が深まりましたか
(数字のところに、1つ〇をつけてください)

- ①おおいに深まった
- ②どちらかといえば、深まった
- ③どちらともいえない
- ④どちらかといえば、深まらなかった
- ⑤まったく深まらなかった

実験の操作は簡単でしたか(数字のところに、1つ〇をつけてください)

- ①とても簡単だった
- ②どちらかといえば、簡単だった
- ③どちらともいえない
- ④どちらかといえば、難しかった
- ⑤とても難しかった

この実験で、よくわかったことは何ですか(数字のところ〇をつけてください。いくつでもいいです)

- ① 火山は噴火すること
- ② 噴火で火山灰やよう岩がでること
- ③ 火山は噴火で大きくなること
- ④ 火山は噴火で形が変わること
- ⑤ 火山で地層ができること
- ⑥ 火山灰は風で流されること
- ⑦ よう岩は低いところを流れること
- ⑧ 火山はできるのに時間がかかること

自由に感想などを書いてください

図3. 実験直後の調査に使用したアンケート用紙.

九州 霧島火山の新燃岳（しんもえだけ）の噴火と実験の効果についてのアンケート
作成：生命の星・地球博物館 笠間友博 2011.X.X ○○学校〇年

1. 新燃岳が噴火していることを、知っていますか？
①はい ②いいえ

2. どのようなことが起きているか、知っていますか？
(あてはまるものすべてに○をつけてください)
①知らないのわからない
②煙が出た
③火山灰が降った
④噴石が降った
⑤火口に溶岩が出た
⑥避難した人がいる
⑦空気の振動で、窓ガラスが割れた
⑧火山の下にマグマがたまり火山がふくらんだ
⑨小さな火砕流が発生した

以下、総合の時間で行った 2 つの実験についてお尋ねします (きれいにまとめられた感想文をお送りいただきまして、どうもありがとうございました)。

3. 油と砂で火山の実験をしましたが、この実験は新燃岳の噴火のようすを理解するうえで役に立ちましたか？
(1つに○をつけてください)
①おおいに役に立った
②どちらかという役に立った
③どちらとも言えない
④どちらかという役に立たなかった
⑤まったく役に立たなかった

それは噴火のどのようなようすですか？ (あてはまるものすべてに○をつけてください)
①火山灰が降るようす
②火山灰が積もるようす
③噴石が飛び出すようす
④噴石が落ちるようす
⑤溶岩が出るようす
⑥煙が立ち上るようす
⑦噴火の前に火山がふくらむようす
⑧火山のかたちが変わっていくようす
⑨火山のまわりの土地が変わっていくようす

4. 水槽実験をしましたが、この実験は新燃岳の噴火を理解するうえで役に立ちましたか？
(1つに○をつけてください)
①おおいに役に立った
②どちらかという役に立った
③どちらとも言えない
④どちらかという役に立たなかった
⑤まったく役に立たなかった

それは噴火のどのようなようすですか？ (あてはまるものすべてに○をつけてください)
①火山灰が降るようす
②火山灰が積もるようす
③噴石が飛び出すようす
④噴石が落ちるようす
⑤煙が立ち上るようす
⑥煙が崩れ火砕流が流れるようす
⑦火山のかたちが変わっていくようす
⑧火山のまわりの土地が変わっていくようす

図 4. 新燃岳噴火後の調査に使用したアンケート用紙。

関係のみの調査となった。アンケートは実験直後に 135 名から、噴火後に 138 名から回答を得た。

足柄下郡私立 D 女子中学校 1 年 2 クラス：総合学習の授業として水槽実験と廃油実験を 2011 年 11 月 9 日実施した。廃油実験は富士山型成層火山を作製した。アンケートは両方の実験との関係を調査した。アンケートは実験直後に 42 名、噴火後に 48 名から回答を得た。

4. 結果

新燃岳噴火があったことについては 81 ~ 94% (平均 88%) の児童・生徒が知っていた (表 1)。これには学校による大きな差は見られなかった。知っていた噴火現象については (表 2 および図 5)、今回の新燃岳噴火を特徴付ける噴煙や降灰という回答が多かった。火砕流については指導要領では

表 1. 新燃岳の噴火を知っている児童・生徒の割合。

質問項目	回答			
	A 小学校	B 小学校	C 小学校	D 中学校
新燃岳が噴火していることを知っていますか	90	94	86	81
	はい	はい	はい	はい
	いいえ	いいえ	いいえ	いいえ

扱わないが、実験授業では扱った。数は多くはないが、小規模な火砕流発生を認識した児童・生徒がいた。被害関係では、避難した人がいたことを知っていた割合は各校とも高かった。

火山実験の授業が、役に立ったかの児童・生徒の評価を図 6、7 に示した。評価については、数値

表 2. 新燃岳噴火で起きた事象に関する認知度 (知っている児童・生徒の割合)。4 校平均は各校の人数を反映した加重平均。回答数：A 小学校 120, B 小学校 58, C 小学校 138, D 中学校 48 名, 4 校合計 364。

学校	各事象に対する認知度 (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A 小学校	12	68	81	33	18	73	43	17	10
B 小学校	3	79	92	39	13	81	39	11	8
C 小学校	7	75	77	58	42	74	53	28	26
D 中学校	27	56	63	13	19	33	31	8	10
4 校平均	11	71	79	41	26	69	45	19	16

事象 1: 知らないの、わからない, 2: 煙 (噴煙) が出た, 3: 灰 (火山灰) が降った, 4: 石 (噴石) が降った, 5: 溶岩が出た, 6: 避難した人がいる, 7: 空気の振動で、窓ガラスが割れた, 8: 火山の下にマグマがたまり、火山が膨らんだ, 9: 小さな火砕流が発生した。

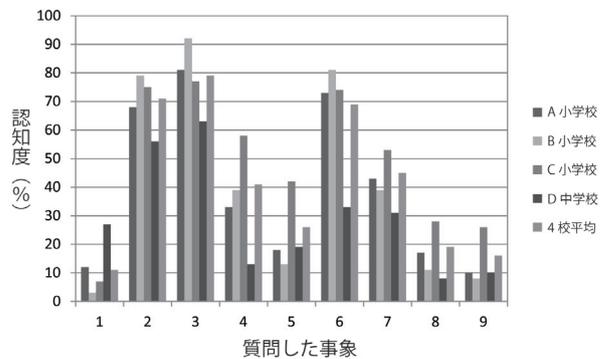


図 5. 新燃岳噴火で起きた事象に関する認知度 (表 2 をグラフにしたもの)。

A 小学校 水槽	61	29	5	32	評価 4.4
B 小学校 廃油	54	45	1	1	評価 4.5
C 小学校 水槽	57	35	4	4	評価 4.5
C 小学校 廃油	57	33	8	2	評価 4.4
D 中学校 水槽	45	34	21		評価 4.2
D 中学校 廃油	45	34	21		評価 4.2
4 校平均 水槽	59	32	4	4	評価 4.4
4 校平均 廃油	54	37	8	1	評価 4.4

■ 役立った (評価 5) ■ どちらかという役に立った (評価 4)
■ どちらでもない (評価 3) ■ どちらかという役に立たなかった (評価 2)
■ 役に立たなかった (評価 1)

図 6. 実験が火山学習理解に役立ったかの評価 (噴火前の調査)。

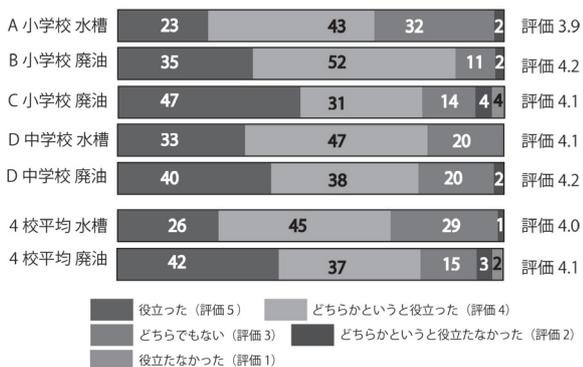


図 7. 実験が新燃岳噴火理解に役立ったかの評価。

化して比較するために図 6、7 ともに、どちらともいえないを 3、どちらかというと役立った（理解が深まった）を 4、どちらかというと役にたたなかった（理解が深まらなかった）を 2、おおいに役立ったを 5、まったく役立たなかったを 1 として、その平均値を示した。火山分野の学習理解に役立ったかを尋ねた実験直後の評価（図 6）と新燃岳噴火理解に役立ったかを尋ねた噴火後の評価（図 7）で、各校とも有意な差が見られた。新燃岳噴火理解については、概ね 4 という評価であったが、これは各校および平均値とも実験直後の評価より低かった。実験の種別では、火山分野の学習理解に関してはほとんど差はなく、新燃岳噴火の理解に関しては廃油実験の評価がやや高かった。個別の

表 3. 水槽実験で扱った内容で新燃岳噴火理解に役立った事象。複数回答可で、役立ったと上げた項目の割合を示す。2 校平均は各校の人数を反映した加重平均である。

学校	各事象に対して役立つと答えた割合 (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
A 小学校	60	33	13	9	52	18	8	20	27
D 中学校	40	47	13	4	56	13	13	9	24
2校平均	54	38	13	8	53	17	10	17	26

事象 1: 灰（火山灰）が降るようす, 2: 灰（火山灰）が積もるようす, 3: 石（噴石）が飛び出すようす, 4: 石（噴石）が落ちるようす, 5: 煙（噴煙）が立ち上るようす, 6: 煙（噴煙）が崩れ、火砕流が流れるようす, 7: 火山の形が変わっていくようす, 8: 火山の周りの土地が変わっていくようす。

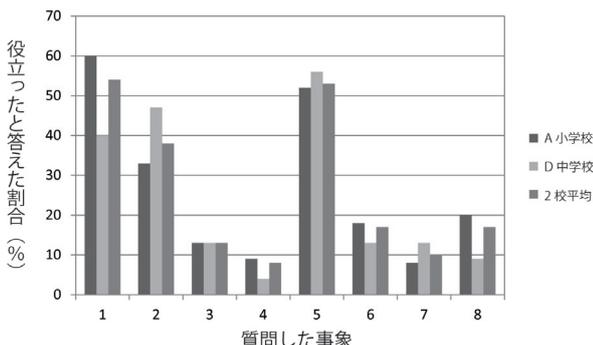


図 8. 水槽実験で扱った内容で新燃岳噴火理解に役立った事象（表 3 をグラフにしたもの）。

役立った項目（表 3、4 および図 8、9）については今回の噴火の特徴である火山灰が降る様子、積もる様子の評価が高かった。これらは両方の実験で観察可能であるが、実験の特性から差が出た項目もあった。噴煙を再現する水槽実験では、噴煙が立ち上る様子が多く、山体を作る実験である廃油実験では、火山の形が変わっていく様子が多かった。噴火前に山体が膨らむ様子は、今回の噴火で顕著に観測された現象であった。火砕流とともに児童・生徒にとってやや難解な事柄であるが、廃油実験では体験可能な内容で、これを挙げた児童・生徒はいた。

5. 考察

(1) 各事象の理解度

今回のアンケートで訪ねた「噴火でどのようなことが起きているか、知っていますか」について、C 小学校ではアンケートで問う内容を網羅したビデオ学習を行った後でアンケートを行った。ビデオを見る前から知っていた数とビデオを見て知った数の合計は、100% になることが期待されるが、そうはならず、合計値は表 5 および図 10 のように差が出た。アンケート調査はビデオ学習の直後に行ったので、この差は児童の記憶定着の差では

表 4. 廃油実験で扱った内容で新燃岳噴火理解に役立った事象。複数回答可で、役立ったと上げた項目の割合を示す。3 校平均は各校の人数を反映した加重平均である。

学校	各事象に対して役立つと答えた割合 (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
B 小学校	73	77	16	8	37	26	16	26	21	33
C 小学校	80	77	36	31	66	54	23	73	65	56
D 中学校	40	84	16	4	33	11	4	47	20	29
3校平均	70	78	28	18	53	39	17	56	45	45

事象 1: 灰（火山灰）が降るようす, 2: 灰（火山灰）が積もるようす, 3: 石（噴石）が飛び出すようす, 4: 石（噴石）が落ちるようす, 5: 溶岩が出るようす, 6: 煙（噴煙）が立ち上るようす, 7: 噴火の前に火山が膨らむようす, 8: 火山の形が変わっていくようす, 9: 火山の周りの土地が変わっていくようす。

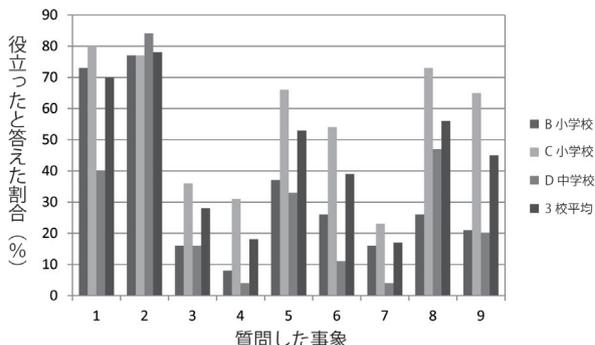


図 9. 廃油実験で扱った内容で新燃岳噴火理解に役立った事象（表 4 をグラフにしたもの）。

表 5. 新燃岳噴火に関してビデオ学習の前に知っていた事象とビデオ学習の後に知った事象との比較及び両者の合計 (C 小学校).

学校	各事象の認知 (%)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ビデオ学習の前	7	75	77	58	42	74	53	28	26
ビデオ学習の後	—	23	22	37	48	21	44	61	58
両者の合計	—	98	99	95	90	95	97	89	84

事象 1: 知らないで、わからない, 2: 煙 (噴煙) が出た, 3: 灰 (火山灰) が降った, 4: 石 (噴石) が降った, 5: 溶岩が出た, 6: 避難した人がいる, 7: 空気の振動で、窓ガラスが割れた, 8: 火山の下にマグマがたまり、火山が膨らんだ, 9: 小さな火砕流が発生した.

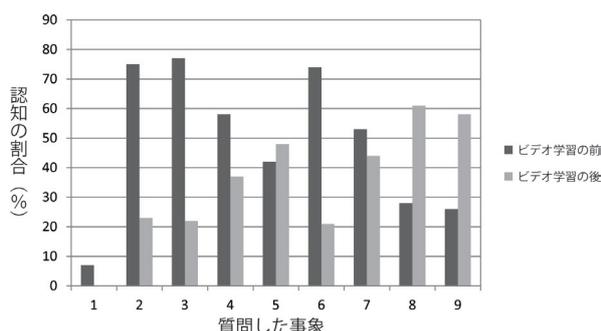


図 10. 新燃岳噴火に関してビデオ学習の前に知っていた事象とビデオ学習の後に知った事象との比較及び両者の合計 (C 小学校, 表 5 をグラフにしたもの).

なく、理解度を示すと考えられる。すなわち、合計が 100 に近い項目ほど児童には理解しやすかったと推定される。最初から知っていた割合の高い噴煙や降灰、避難した人がいることは合計も高い。ガラスが割れたことは、初めから知っていた割合は低いが高くなった。火砕流の発生や山体の膨張については、初めから知っていた割合は低く合計もやや低い。溶岩も今回のような流れない状態のものは理解しにくかったと考えられ、合計はやや低い。今回の新燃岳の噴火については、一部に理解しにくい現象があった事が、この調査から推定される。

(2) 理解しにくい事象の理解と実験との関係

火砕流については水槽実験の授業 (B 小学校以外の学校で実施) で扱った。本報告より前に行われたアンケートでは、内容的に高度であるにもかかわらず、火砕流の発生は強く印象に残ったことが分かっている (笠間ほか, 2011)。新燃岳噴火の火砕流については、あまり報道されなかったが、10 ~ 26% の児童・生徒が火砕流について気付いていたことは注目される (表 2 および図 5 の B 小学校を除く学校)。ちなみに水槽実験を行っていない B 小学校では 8% であった。また、水槽実験の火砕流が、噴火現象理解に役立ったとする回答も 13 ~ 18% あった (表 3 および図 8)。少なくとも火

砕流の報道に気付いた児童・生徒には、実験が効果的であったことを示していると考えられる。山体が噴火前に膨らむというという現象は、逆に今回特徴的に報道された。これについては班別に行った廃油実験の過程で火道の閉塞などで経験した班もあったが、意識的には指導しなかった。火砕流とは逆に実験が役立ったとした回答数が少ないのは、報道には気づいたものの、実験では再現できなかった班があったためと考えられる。

(3) 実験の評価と課題

相場 (2007) は、理科教育の内容を自然的直接経験、人為的 direct 経験、自然的間接経験、人為的間接経験に分けて議論している。火山実験は自ら行った人為的 direct 経験であり、新燃岳噴火は神奈川県に住む児童・生徒にとってはメディアを通じて伝わる自然的間接経験である。自然的直接経験は不可能であった。図 6 は人為的 direct 経験の中での理解度、表 5 および図 10 はビデオ学習による自然的間接経験の中での理解度、図 7 は人為的 direct 経験と自然的間接経験との接点の中での理解度を示すものと考えられる。経験パターンが異なる事象を児童・生徒は頭の中で組み合わせて回答したものと考えられるが、各校とも 4 程度の評価を受けたことは、この実験が概ね実際の噴火理解にも役立ったことを示していると考えられる。

水槽実験と廃油実験の効果の差をみると、図 7 の評価は廃油実験 (平均評価 4.1) が、水槽実験 (平均評価 4.0) に比べてやや評価が高い。表 3、4 および図 8、9 の役立ったと上げられた項目の平均を出すと水槽実験が 26% に対し廃油実験が 45% とかなり高い。この割合は、質問項目は異なるが図 7 の評価 5 を選択した児童・生徒の割合とほぼ一致した。この一致の原因については、今回の調査では説明するだけの資料がないので不明だが、廃油実験がより高い評価を受けたのは、より多様な事象の再現が可能であったためと考えられる。

しかし、課題もある。前述の新燃岳噴火の理解に役立ったかの評価が、実験直後の評価よりも低かった結果である。実験授業は教科書で扱う火山では理解度を深めたが、特定の噴火については、やや効果が劣ったことを示している。原因は、考察 (1) で述べたように、実際の噴火現象が、児童・生徒には難解な部分を含んでいた可能性、また前述した体験パターンの差異も影響していると考えられるが、これをどうすれば同じレベルに引き上げられるか、今後検討を行っていく。

一方、一般的に行われている実験授業は、多様な現象を網羅的に含むもので、個々の噴火現象に特化したものではない。したがって時間が許せば、噴火後に実際に起きた現象を再現する実験授業等を

行うことが有効である。川村（2012）の調査によると、新燃岳噴火を半数以上の教員が授業教材として扱っており（秋田県と香川県の小・中学校）、教材としての関心は高かったことが指摘されている。神奈川県内でも同じような事情であった可能性が推定される。噴火は大きな災害を伴う事もあり、児童・生徒への心理的影響など教材としての扱いも状況によって異なるが、噴火に合わせてタイムリーな博物館実験授業や教材提供を行うことも、機会があれば試行して行く必要がある。

文 献

相場博明, 2007. 理科教育における直接経験と間接経験の類型化と地学教育に果たす役割. 地学教育, **60**(4): 137-148.

笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子, 2010. 食用廃油を使用した複成火山作製実験の開発. 地学教育, **63**(5・6): 163 - 179.

笠間友博・平田大二・新井田秀一・山下浩之・石浜佐栄子, 2011. 水槽実験を活用した小学生向け火山学習プログラム. 地学教育, **64**(1): 1-12.

川村教一, 2012. 火山噴火と災害の教材に関するニーズ: 2011年霧島山新燃岳噴火についての教員アンケートから. 地学教育, **65**(3): 97-106.

日本火山学会, 2011. 日本の火山活動概況(2011年1-2月). 火山, **56**(2・3): 111-113.

(受付 2012 年 10 月 26 日 ; 受理 2012 年 12 月 11 日)