

4 火山噴火現象の強度階の提唱と防災対策の限界

国際航業(株) 中筋 章人

1. まえがき

地震が発生すると即座にマグニチュードと各地方の震度が発表され、一般市民でも、概ねの地震の規模やゆれの程度が認識できるようになっている。一方、火山噴火現象については、その規模や強度を表す適当な言葉がないため、一般市民にとっては、噴火規模の程度がよくわからないのが現状である。最近では、1991年のピナツボ火山の噴火が今世紀最大と発表されたのが、唯一の規模を表す具体的な例であった。このような噴火現象の強度階は、本来気象庁が発表すべきであろうが、それを待っていてはいつになるかわからないし、むしろ防災計画、防災対策を行う側が耐震工学の分野と同じように、防災工学の一貫として対象とする噴火現象の強度階を積極的に用いていく必要があると考え、ここに提案するものである。

2. マグニチュード (M) と火山爆発度指数 (VEI)

地震の規模を表す尺度としてマグニチュード (M) が用いられている。このマグニチュードに対応するものとして、Simkin(1981)やNewhall(1982) によって提唱された火山爆発度指数 (VEI) がある (表-1)。これは噴出物の総量を体積のオーダーによる指数で表すもので、たとえば VEI が 7 と言えば総体積 100km^3 オーダーのものを指すこととなる。世界的に見て、1,600年代以降では $\text{VEI} = 7$ のものがインドネシアのタンボラ火山 (1815年) のみであり、日本で比較的大きかった桜島の大正噴火 (1914年) と磐梯山 (1888年) が $\text{VEI} = 6$ に相当する。日本の主な火山活動については、すでに VEI が算定されているが、例えば最近の例で言えば三宅島 (1983年) や大島 (1986年) の溶岩流災害は $\text{VEI} = 3$ であり、雲仙岳の一連の活動は $\text{VEI} = 4$ に相当する。

表-1 火山爆発度指数 (VEI)
Simkin, et al. (1981)

爆発指数 (VEI)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
記述	爆発なし	小	中	やや大	大	非常に大			
噴出物の体積 (M³)	<10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁸ -10 ⁹	10 ⁹ -10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹¹	10 ¹¹ -10 ¹²	>10 ¹²
噴煙柱の高さ (km) ^a	<0.1	0.1-1	1-5	3-15	10-25	>25			
	—— ストロンボリ式 ——					プリニー式 ——			
噴火様式	—— ハワイ式 ——		—— ブルカノ式 ——			—— 超プリニー式 ——			
爆発の続いた時間	—— < 1 ——					> 12 ——			
	—— 1-6 ——								
	—— 6-12 ——								
対流圏流入	わずか	少し	中	大					
成層圏流入	なし	なし	なし	ありうる	あり	著しい			
噴火数(カタログ中の総計)	443	361	3018	720	131	35	16	1	0

a. 爆発指数 0～2 では火口上の高さ、3～8 では海面上の高さ

b. 活火山のカタログ (Simkin et al., 1981)

3. 震度階と火山噴火現象別の強度階

地震の震度階は表-2に示すとおりである。「計測震度計」の普及が不十分なため、未だ多くの観測所では体感で震度階を発表しているものの、統一された震度階の概念が用いられている。一方、火山活動や火山災害では、統一された階級がないため、ほとんどが大規模なという表現がなされている。そこで、火山噴火現象別に表-3に示すような噴出量・規模を用いた強度階を提案するものである。以下に簡単に現象別のコメントを述べる。

3.1 溶岩流

溶岩流を噴出する活動には、数カ月におよぶ長期間のものから、数時間で終わるものまで時間的な幅がある。したがって、強度といった場合は、噴出速度 (m^3/s) で表示した方が適切とも考えられるが、噴出速度にはあまりにも推定要素が多く、かつデータも少ないため総噴出量をもって強度階区分とした。

日本における溶岩流の規模は小規模なものが少なく、代表的な溶岩流の多くは 0.1 km^3 以上の大規模 (IV) なものである。

3.2 火砕流

火砕流の規模は、荒牧¹⁾によって大型・中型・小型火砕流と区別されているが、火砕流は他の火山現象に比べて大規模なものが多いため、区分境界は相対的に大きくなっており、かつ明瞭な境界表示はない (例えば数 km^3 以上など)。

ここでは、他の火山現象と統一をとるために表-3のような区分とした。ここで見ると雲仙岳の火砕流は1回当たり約 0.003 km^3 程度であるため、累計すると堆積物は大量であるが、個々の火砕流の規模は大きくない (階級 II) ことがわかる。

3.3 岩屑流

火山活動に伴う山体崩壊の発生と、それに起因した岩屑流の近年の発生事例が少ないため、地震等に起因した火山体の崩壊事例も示した。いずれにしても、火山活動に伴う大規模な山体崩壊は、1つの火山体の生長過程の末期に発生するものであり、その頻度は極めて低いものである。したがって、防災対策の面からは、火山活動以外の誘因による火山体の大規模崩壊現象もここに含めてとりあつかってもいいのではないかと考えている。

なお、その規模は流下・堆積した量ではなくて山体の崩壊土量で分類した。

3.4 火山泥流

火山泥流は多くの被害を出している火山災害現象の1つであるが、意外にその規模についての資料は少ない。とくに日本では積雪地帯であったり、火口湖をともなった活火山が多いにもかかわらず、近年では十勝岳の大正泥流 (1926年) 以後、被害を出すような火山泥流は発生していない。

3.5 降下火砕物

降下火砕物は、火山噴火により火山灰やスコリアが広範囲に降下・堆積するもので、日本の火山の多くは、その生成期から大量の降下火砕物を噴出しつづけている。

その規模の区分は、先に述べた火山爆発度指数 (VEI) にほぼ準ずる。

表-2 気象庁震度階

震度階	名称	説明
0	無感	人体に感じないで地震計に記録される程度
I	微震	静止している人や、特に地震に注意深い人だけに感ずる程度
II	軽震	大ぜいの人に感ずる程度のもので、戸、障子がわずかに動くのがわかる程度
III	弱震	家屋が揺れ、戸、障子がかたがたと鳴動し、電灯のようなつり下げ物は相当揺れ、器内の水面の動くのがわかる程度
IV	中震	家屋の動揺が激しく、すわりの悪い花瓶などは倒れ、器内の水はあふれ出る。また歩いている人にも感じられ、多くの人々は戸外に飛び出す程度
V	強震	壁に割目が入り、墓石、石燈ろうが倒れたり、煙突、石垣などが破損する程度
VI	烈震	家屋の倒壊は30%以下で山崩れが起き地割れが生じ、多くの人々は立っていることができない程度
VII	激震	家屋の倒壊が30%以上に及び、山崩れ、地割れ、断層などを生じる。

表-3 強度階とその事例

名称	強度階		溶岩流	火砕流	岩屑流 (山体崩壊量)	火山泥流	降下火砕物
	階級	規模 (km ³)					
小規模活動	I	0.001以下		・浅間山(1973) ・桜島(1984)	・早雲山(1953) ・妙高(1978) ・御岳松越(1984)	・島海山(1974)	・浅間山(1958) ・浅間山(1961) ・十勝岳(1989)
中規模活動	II	0.001 ~0.01	・三宅島(1983) ・雲仙古焼溶岩 (1663) ・秋田駒ヶ岳 (1970)	・桜島(1914) ・雲仙岳(1991)	・十勝岳(1926)	・十勝岳(1926) ・メラビ(1969) ・クルー(1919) ・クルー(1966)	・伊豆大島(1986) ・三宅島(1983)
	III	0.01 ~0.1	・雲仙新焼溶岩 (1792) ・伊豆大島(1986) ・伊豆大島(1950) ・樽前山(1909)	・メラビ(1984) ・スメル(1989) ・有珠山(1822) ・浅間山(1783)	・御岳崩れ(1984)	・セントヘンズ(1980) ・ネト・デルイス (1985) ・アング(1963)	・有珠山(1977) ・十勝岳(1962) ・桜島(1946)
大規模活動	IV	0.1 ~1	・桜島(1946) ・伊豆大島(1777) ・浅間山(1783) ・雲仙岳(1991~)	・北海道駒ヶ岳 (1929) ・浅間山(1108) ・樽前山(1667)	・眉山(1792) ・立山大鷲崩れ (1858) ・稗田山(1911)		・伊豆大島(1777) ・桜島(1914) ・浅間山(1783) ・樽前山(1739)
巨大活動	V	1以上	・桜島(1914) ・サカエ(1960)	・タンボラ(1815) ・クラカトア (1883) ・カトマイ(1912) ・ピナツボ(1991)	・セントヘンズ(1980) ・磐梯山(1888)		・ピナツボ(1991) ・樽前山(1667)

・は、火山活動以外の誘因によるもの

4. 強度階と防災対策（ハード対策）の限界

このテーマについては、現象の多様性、対策方法の多様性などのため一般論で取り扱うのは困難であり、個々のケースで論ずる必要があることは言うまでもない。しかし、現象の中には「明らかに対策が不可能」と思われる強大なエネルギーを持っているものもいくつかある。一方、明らかに可能なものもあり、問題となるのは一部可能、地形条件が良ければ可能といった中間型（表－4では△印で示す）であろう。今後、日本の代表的な活火山で防災対策（施設計画）の事例が集積されるであろうが、表－4は現時点で筆者の考える防災対策の限界をとりまとめたものである。

表－4 火山現象の強度階と防災対策（ハード対策）の限界

現象	強度階 安全確保 加味すべき要素	I (km ³) 0.001以下		II (km ³) ～0.01		III (km ³) ～0.1		IV (km ³) ～1		V (km ³) 1以上	
		5 km	10km	5 km	10km	5 km	10km	5 km	10km	5 km	10km
溶岩流	玄武岩 (粘性率 $10^3 \sim 10^5$)	—	—	○	○	○	○	△	△	△	△
	安山岩 (粘性率 $10^6 \sim 10^8$)	—	—	—	—	△	—	×	—	×	×
	デイサイト (粘性率 $10^9 \sim 10^{11}$)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
火砕流	メラピ型	—	—	△	—	△	△	□	□	□	□
	スリエール型、その他	—	—	×	—	×	×	×	×	×	×
岩屑流	比高差			△	—	×	×	×	×	×	×
火山泥流	タイゲ(礫・知識)	△	△	△	△	×	×	□	□	□	□
降下火砕流	噴石・火山灰	○	○	○	○	△	△	×	△	×	×

凡 例 ○：ハード対策での対応が可能

△：地形条件がよければ可能（例えば谷地形では困難だが扇状地部であれば可能）

×

□：現象が発生しない、事例がない

□：現象が到達しない。

5. あとがき

今回は、ハード対策のみを考えたが、ソフト対策での対応についても、その限界について考える必要があることは言うまでもない。しかも、ソフト対策の限界は、噴火予知といった学者・研究者の領域に係わるところが多いため、その分野も取り込んで対応すべきであろう。