

3. 有珠山噴火の歴史と 2000年3月噴火活動の推移

北海道大学地震火山研究観測センター 研究支援推進員 清野 政明
(元気象研究所地震火山研究部長)

はじめに

2000年3月31日13時07分、有珠山では有史以後の1663年から数えて8度目の噴火が発生した。前回の最初の噴火(1977年8月7日)から約23年後のことであった。筆者を含めてほとんどの火山研究者は、少なくとも30年程度は休止期間があると考えていたので、自然現象に意表を突かれた。長期予測は見事に外れたといっている。

これとは対照的に、今回の最初の噴火はほぼ予知され、約12,000人の有珠山周辺に住む人々が事前に避難していたこととあわせ、短期的噴火予知の成功例となった。しかし、火山活動の長期化と推移予測の難しさから、避難している火口近くに住民には今後も困難が続くように思われる。

ここでは、今回の噴火活動の推移にあわせて、ほぼ成功したとされる噴火予知の内容を考えながら、その背景となる有珠山噴火の歴史や噴火の物理的過程について紹介する。

1. 地震群発から噴火発生への流れ

地震の群発は2000年3月27日08時頃に始まった。地震は無感の微小なものであったが、次第に大きくなり、28日0時頃には有感相当の地震も発生し始めた。図1は札幌管区気象台の観測による地震群発から噴火発生までの時間別地震回数の推移である。

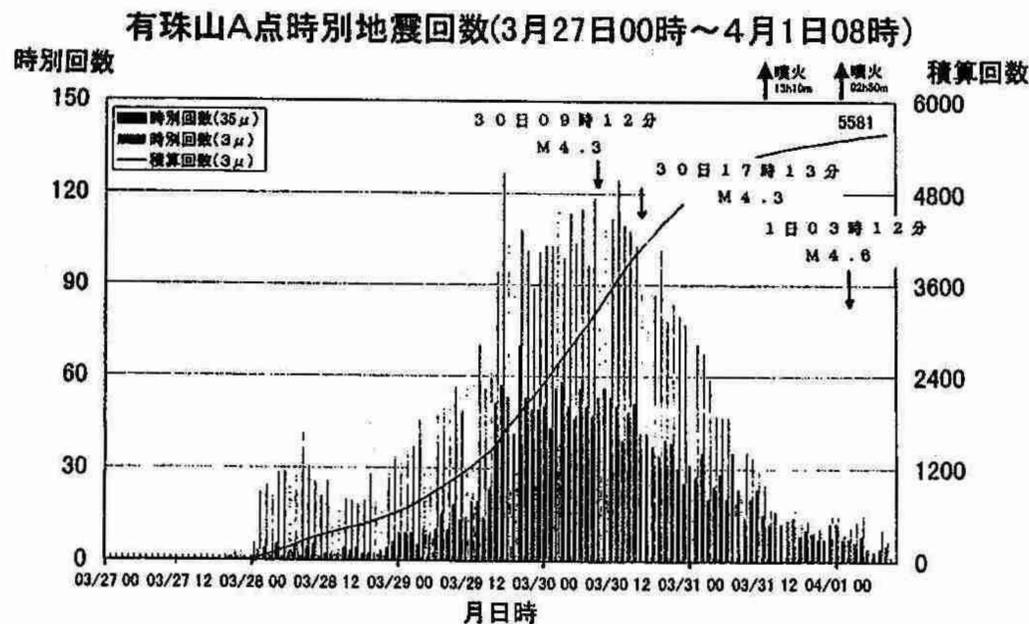


図1 2000年3月有珠山噴火活動の推移(札幌管区気象台作成図に加筆)
横軸に日時、縦軸に有珠山A点における地震回数を示す。上向きの矢印は噴火、下向きの矢印は噴火前・噴火後の最大地震をしめす。
黒の縦太線は振幅 35μ 以上(有珠山で有感に相当)の地震の時間別回数、薄い縦線は 3μ 以上の地震の時間別回数である。曲線は 3μ 以上の地震の積算回数(右目盛)である。
有珠山A点: 気象庁の火山用標準地震観測点、大有珠頂上の南2kmにある

3月28日00時50分、室蘭地方気象台は多数の地震発生を火山観測情報（第1号）で発表した。翌29日11時、火山噴火予知連絡会拡大幹事会は、地震の急速な増加と、その震央が「北西山腹を中心に発生」し、「今後数日以内に噴火が発生する可能性が高く」なったという図2のような見解を発表した。これが噴火予測の第一報である。

一般に噴火予知というと、地震予知と同様、3要素として噴火の「時」「所」「規模」の予測があげられるが、火山の「所」は通常には火口または山頂で済むことが多い。しかし、有珠山では、噴火は山頂およびその西～北～東の山麓地域で発生する可能性があり、その地域には多数の人も生活している。

先の「噴火予測の第一報」には「所」の示唆とおよその「時」はあるが「規模」はない。その意味では「予知」とまでいかない「予測」の段階と考えていい。続いて現地の記者会見では、予知連委員が噴火の「時」は「この一両日が重要」、「所」は考えられる例として「1. 地震が集中する山体北西部、2. 震源が移動し山頂から、3. 北側山麓の断層付近」を挙げた。

また、「山頂噴火では全方向への火砕流（熱雲）の危険、山麓噴火では水蒸気爆発の可能性」という「規模」と「様式」への発言があった。これらは各々断定を避けているけれども全体として3要素の揃った噴火予知を構成している。

地震活動は3月29日16時過ぎ、回数、規模ともにピークに達し、その震央は山頂部にも広がり、同時に地殻変動も北側山腹から山頂北部にかけて観測されるようになった。地震活動のピークは30日18時過ぎまで続いた。3月30日19時過ぎから地震活動は次第に減少し続けたが、その途中の31日13時07分、西北西山腹（西山火口）から最初の噴火が発生した。

日本では、噴火回数が多い桜島や以前の浅間山では統計的経験則も成り立つこともあり、日時を含むかなり正確な噴火予知ができた例はある。しかし、数十年以上の間隔でまれに噴火する火山では、地震計など近代的計器で観測できるようになったこの100年に噴火にであうことは高々1～3回程度である（有珠山では1910、1943、1977年の3度）。そのような場合、噴火の切迫は予測できても、日単位で予測する水準には到達していない。

今回の立ち上がりの噴火予知は、こうした火山の中で日本で初めてほぼ成功した例と云っていい。

2. 有珠山の地形と噴火の歴史

有珠山は洞爺カルデラの南縁に位置する。その地形の概略を図3に示す。有珠山頂部には直径約2kmの火口原がある。その中には、大有珠、小有珠（溶岩ドーム）、おがり山（潜在ドーム）、1977年噴火による馬蹄形の隆起域（有珠新山）など噴火の跡が多数ある。

山麓には、西～北～北東麓には四十三山や生成年代不明の西山・金比羅山・東丸山などの潜在ドームが幾つも並び、東麓には昭和新山（溶岩ドーム）がある。これらの溶岩ドームや潜在ドームの形成は粘性の大きい石英安山岩（デーサイト）質マグマの特徴である。

一方、有珠山周辺には多数の人々が生活しており、特に洞爺湖温泉街は噴火の跡と湖に囲まれたところにある。そのため、この山では噴火「場所」の予測は欠くことができない。

緊急火山情報 第1号

平成12年3月29日11時10分
室蘭地方気象台発表

火山名 有珠山

有珠山の火山活動について、火山噴火予知連絡会拡大幹事会から次の見解が発表されました。

有珠山の地震活動が、急速に活発化している。昨日28日、横這い状態であった地震回数は、本日29日に入り時間を追って増加している。現地有感と思われる震幅の大きな地震も昨日は1時間数回であったが、本日に入り1時間に15回程度に増加している。これまでに発生した地震の最大は、29日9時42分のM3.5（暫定）であった。低周波地震も増加傾向にあり29日7時台には7回発生するなど、28日16時頃から29日10時までに23回発生している。

地震は、引き続き北西山腹を中心に発生している。以上のことから、今後数日以内に噴火が発生する可能性が高くなっており、火山活動に対する警戒を強める必要がある。

図2 緊急火山情報第1号で知らされた火山噴火予知連絡会拡大幹事会の見解
特に下の3行は噴火予測の第1報の意味をもつ内容である。なお、室蘭地方気象台は、火山噴火予知連絡会の見解を情報により周知させる役割をもつ。

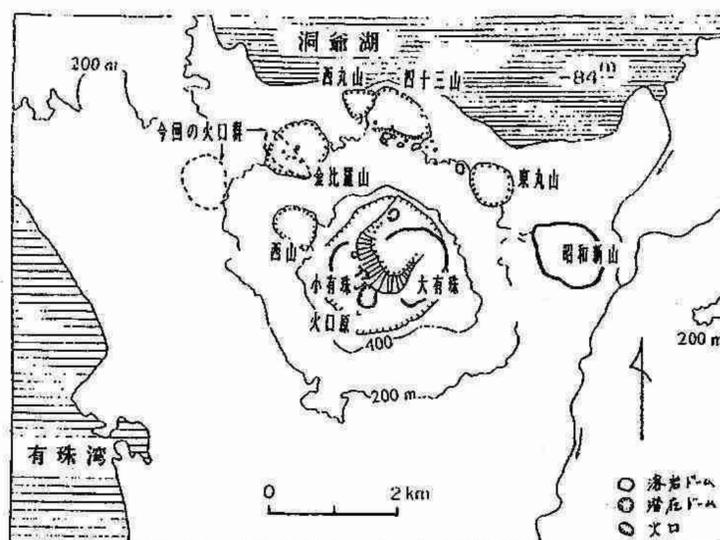


図3 有珠山地形略図

図中の潜在ドームは主なもののみで、勝井(1995)によればほかに数個ある。

有珠山の噴火の歴史は、古文書や噴出物の調査などから図4に示すように17世紀以降よく整理されており、その中から次のような特徴をあげることができる。

有珠山の噴火史

年	有感地震	噴火場所	噴出物と体積(億m ³)	ドーム
1663(寛文3)	3日	山頂	降下軽石など(25)	小有珠
1769(明和5)	期間不明	山頂	降下軽石・火砕流(1.4)	?
1822(文政5)	3日	山頂	降下軽石・火砕流(3.7)	おがり山
1853(嘉永6)	10日	山頂	降下軽石・火砕流(3.6)	大有珠
1910(明治43)	4.8日*	北麓	降下火山灰(0.04)	明治新山
1943(昭和18)	6ヵ月	東麓	降下火山灰(0.04)	昭和山
1977(昭和52)	1.2日	山頂	降下軽石・火山灰(0.91)	有珠新山
2000(平成12)	3.5日	北西麓	降下火山灰(0.001?)	?

図4 有珠山の噴火史

勝井(1995)から抜粋し、一部修正(*印)の上、2000年噴火の資料を加筆した。

今回を含めた8回の噴火は、有感地震が群発したあとに必ず発生している。「有感地震群発後噴火なし」という例も「有感地震群発なしで噴火あり」という例もない。このような経験則が今回の噴火予知成功の基礎にある。こうした例は日本の他の火山ではみられない。

山頂における噴火では、高温で流下する火砕流(熱雲)が起こることが多く、過去5回の内4回で発生した。山麓の噴火では、水蒸気爆発やマグマ水蒸気爆発の形態を取ることが多いようである。但し、今回の最初の噴火はマグマ噴火らしく、そのあとにマグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発が続いている。

(注) 火砕流(熱雲)：火山ガス、火山灰のような粉体、色々な大きさの岩石が一体となり、数百度の高温を保ちつつ、火山の斜面を高速(時速100kmにもなることがある)で下る現象。

3. 火山噴火の原動力と噴火様式

火山噴火の主な原動力とこれによる噴火の物理的過程には以下の3型が考えられる

- (1) 高温高压状態にある溶融マグマに含まれる水が急激に水蒸気ガスとして離・発泡することによる力
(マグマとマグマ内部の水との関係)
- (2) 高温のマグマが地下水などと接触し、水が破碎されたマグマ物質と混合反応し、急速に水蒸気化する

にことによる力（マグマと外部の水との関係）

(3) 地下のマグマ溜まりは周囲の岩体から圧力（応力）を受けており、その中のマグマが既存の火道や新しい割れ目から地表へ絞り出される力（マグマと外力との関係）。

(1)と(3)による噴火は「マグマ噴火」である。(2)による噴火は「マグマ水蒸気爆発」であり、マグマ物質と水との混合質量比が3対1程度の時に、最も激しい爆発的噴火に発展するといわれる。マグマ物質に比べ、接触する水が僅かでも大量でも爆発的噴火にはならない。

マグマの熱のみが地下水などを熱し、急速に水蒸気化させることによる噴火は「水蒸気爆発」である。今回の有珠山噴火では、最初は(1)による「マグマ噴火」らしいが、その後は(2)による「マグマ水蒸気爆発」および「水蒸気爆発」のシリーズで推移している。

「マグマ噴火」の噴火様式は、マグマの岩石学的組成により極めて変化に富んでおり、その関係を図5に示す。主として珪酸成分の比率が多い方から流紋岩質、石英安山岩（デイサイト）質、安山岩質、玄武岩質に分けられる。

噴火様式	プリニー式	ヴルカノ式	ストロンボリ式	ハワイ式
火山岩質	流紋岩	石英安山岩	安山岩	玄武岩
珪酸成分	多い			少ない
溶岩温度	1000	℃		1200
溶岩粘性	大きい（流れにくい）			小さい（流れやすい）
噴火圧力		大きい		小さい
火山例	有珠山	雲仙岳	浅間山	伊豆大島 キラウエア

図5 噴火様式と溶岩の性質との関係

有史以後の有珠山の噴出物は流紋岩質から石英安山岩（デーサイト）質で、珪酸成分（SiO₂）は65—73%である。また、溶岩は珪酸成分が多いほど粘性が大きく、流れにくくなる。

16世紀以後の有珠山の噴出物は流紋岩質～石英安山岩（デーサイト）質であり、流れやすい溶岩流をだす伊豆大島火山とは対極をなす。

有珠山では、軽石を放出する噴火、なかば固化して地表に現れる溶岩ドーム、地下にとどまる潜在ドームが際だった特徴であり、これらは粘性の大きいマグマによる噴火活動の典型ともいえる。

4. 1910年及び2000年噴火活動の推移の比較

今回の噴火活動の推移は概略を図1で示されたが、過去の7回の噴火の内、1910年の噴火活動の推移（図6）と最も似ている。

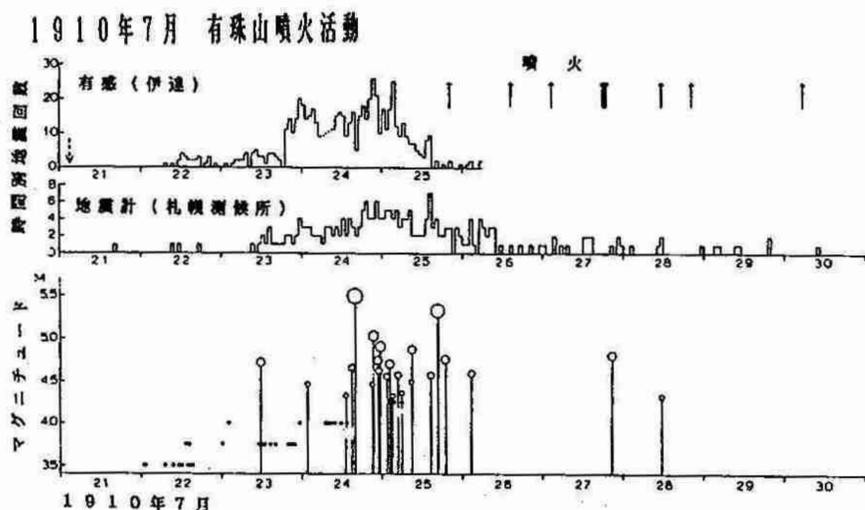


図6 1910年7月有珠山噴火活動の推移
岡田弘（1982）を一部修正・加筆した。
上段は現在の伊達（もと西紋麓）での時間別有感地震回数（縦軸）で、横軸は日時である。現地での有感地震は点線の下向き矢印（7月21日03時頃）から始まった。上向きの矢印は噴火を示し、最初の噴火は7月25日22時頃である。
中段は札幌測候所（当時）の大森式地震計による時間別地震回数である。
下段は主な地震のマグニチュードを示し、最大地震は24日16時40分のM5.5であった。

両者のよく似ている点は次の通りである

- (1) 前兆の有感地震は数日（今回は3.5日、1910年は4.8日）である

- (2) 前兆地震活動の最盛期は1日前後である
- (3) 地震活動が次第に下降しつつある途中での噴火である
- (4) 地震活動は噴火の後もほぼ同様なペースで減少する
- (5) とともに山麓噴火でマグマ水蒸気爆発や水蒸気爆発が主体である
- (6) 他の時期の噴火と比較して、ともに噴出物の量が少ない

こうしたことは、両方の噴火活動がよく似たメカニズムをもつ可能性を示しており、活動の推移もまた似てくる可能性は充分ありうることである。特に(3)(4)は、1977年の山頂噴火直後に激しかった地震活動が全く停止したことと対照的である。

しかし、両者のメカニズムを考える上で次の異なる点も大切である

- (1) 今回の噴火前の最大地震 (M=4.3) は1910年のもの (M=5.5) よりかなり小さい
- (2) 今回の噴火口の広がり約1 km (西山～金比羅山) であるのに比べ1910年では約3 kmの範囲に及ぶ
- (3) 今回の最初の噴火はマグマ噴火らしい

などである。今後の噴火活動の推移はこうした違いの影響を受けていくと思われる。

5. 予知と避難

地震活動の推移と噴火予知に合わせて、有珠山周辺の伊達市・壮瞥町・虻田町は、28日11時以降住民へ自主避難の呼びかけや、避難勧告・避難指示をだし、噴火前の30日夕方には約12,000人が大きな混乱もなく避難した。避難の規模は、有珠山火山防災マップ(1995年)に示された1882年山頂噴火時の火災流(熱雲)被災地域にはほぼ相当した。その規模が適正であったかどうかは、研究者の中でも議論があるように思われる。

この問題の検証は、第1節に述べた「地震活動は3月29日16時過ぎ、回数、規模ともにピークに達し、その震央は山頂部にも広がり、同時に地殻変動も北側山腹から山頂北部にかけて観測されるようになった」事実から出発する。この事実は、地震活動のピーク時に山頂噴火の可能性を思わせるものであった。

過去の噴火例では、

○震源集中域がA地域からB地域へ変わる(1943年噴火の場合)

○山体の比較的広い震源域から狭い浅い噴火場所に集中する(1977年噴火の場合)

ようなことはあったと推定される。しかし、今回のように、震源があるところに集中していた状態から、逆に山全体に広がるというのは新しい事実であった。もしかすると、過去の噴火活動でも、現在のような精密な計器観測が可能であったならば、同様の例が認識されていたかもしれない。

有珠山の場合、前兆となる有感地震群の発生があるため「予知が容易な例」との解説もある。しかし、噴火前のある時期に、山の広い地域に噴火のおそれを生じさせるようなプロセスの出現は、噴火「場所」の予知が容易でない場合があることを明らかにした。今後の新しい研究が必要なことを示すものであろう。

6. 今後の問題

今回の住民の避難は最高時約16,000人に及んだが、活動の推移に合わせて縮小され、虻田町の約2,300人(6月17日現在)となった。空振や爆発音を伴う噴火は小規模ながら続いている。1910年の噴火は7月25日から8月上旬に続き、9月3日、10月2日と経て基本的には終わらしい(およそ2カ月間)。勿論その後も白い噴煙活動は続いたと思われるが、今回のように空振や爆発音が続いたという記録はみあたらない。

今回の噴火は既に3カ月以上継続している。噴火のエネルギーは僅かずつ出ている状態で、この状態がしばらく続く可能性もある。その場合火口から500m以内は噴石のおそれも消えない。火口がその形を変えたり、雨による土砂流入で火口が一時閉塞されたりする度ごとに、噴石の飛距離が伸びるとか、やや大き目の噴火が発生する心配が生じる。有珠山のふところにあたる地域での生活のあり方は、小噴火でも続いている時は勿論であるが、例え噴火活動の終息をみても大きな検討課題として残る。