

## 2010年インドネシア・メラピ火山噴火に学ぶ

京都大学防災研究所附属火山活動研究センター

准教授 井口 正人

インドネシアは127の活火山を有する世界最大の火山大国である。そのなかでもジャワ島中部にあるメラピ火山はインドネシアの火山を語る上で象徴的な火山といえる。噴火活動はきわめて活動的であり、16世紀中ごろから1～数年おきに噴火が繰り返されている。山頂に溶岩ドームが形成され、それが崩落することにより頻繁に火砕流が発生する噴火活動が繰り返されてきたのである。1990年以降でも、1992、1993、1994、1995、1997、1998、2001、2006年に火砕流が発生し、火砕流は山頂から6kmの距離に達している。わが国での類似例は雲仙普賢岳の1991年から1995年にかけての噴火活動であり、普賢岳のように溶岩ドーム崩落型の火砕流はメラピ型火砕流と呼ばれ、普賢岳の噴火活動はかつてのメラピ火山の活動に酷似していた。

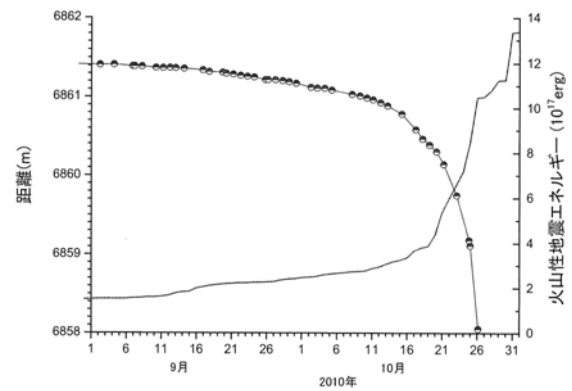
### —メラピ火山の監視—

メラピ火山はエネルギー・鉱物資源省地質学院火山地質災害軽減センター(PVMBG)の1つの部門である火山研究観測技術センター(BPPTK、旧メラピ火山観測所)により監視されている。センター本所はジョグジャカルタ市内にあり、約40名の職員が勤務している。1990年ごろから諸外国からの支援も受けて、観測網の整備が急速に進み、地震、傾斜、地磁気などの連続観測がおこなわれる

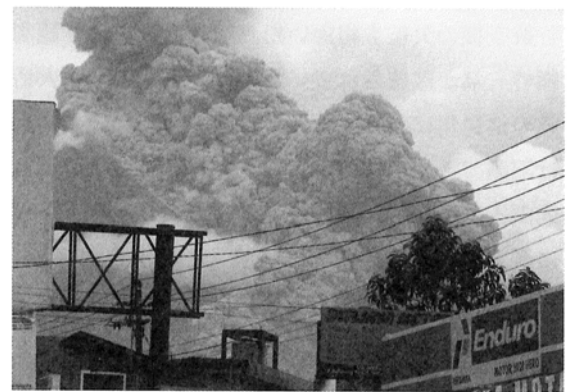
とともに、光波測量やGPSなどの地盤変動の繰り返し観測がおこなわれてきた。メラピ火山の周辺には4つの火山観測所があり、溶岩ドームの成長が目視により監視されるとともに、火山ガスの放出量が測定されている。インドネシアにおける警報レベルは4段階であり、Actif normal(レベル1:静穏な活動)、Waspada(レベル2:注意)、Siaga(レベル3:警戒)、Awat(レベル4:避難準備)で定義される。レベル1～3は気象庁の噴火警戒レベルに対応し、レベル4が気象庁レベルの4、5に対応するとおおよそ考えてよい。Waspadaは火山性地震の増加など、火山活動の活発化を示すデータが得られるときに、Siagaは今後、噴火の発生などが予想される場合に発表される。Awatは住民への避難勧告の発表をとまなう警報であり、2～3日中に避難の必要がある噴火の発生が予測される場合、あるいは噴火が発生した場合に発表される。WaspadaはPVMBGの課長級、Siagaは部長級、Awatはセンター長の責任において公表される。2006年以前の活動では、はじめ、火山構造成地震の活動が火山体のやや深部において活発になったのち、山頂にあらたな溶岩ドームが形成され、それに伴ってMP型と呼ばれる特徴的な地震が群発する。また、溶岩ドームの成長に伴い、山体はほぼ一定の速度で膨張し、それに伴い溶岩ドームの一部が徐々に崩れ始める。火砕流発生が近づくると火山性地震が浅い場所でも発生するようになる。

—2010年10月26日の爆発に先行する火山活動—

ところが、2010年のメラピ火山噴火活動はこれまでとは異なる様相を見せた。1つは2010年10月26日の爆発前の前兆現象である。2010年の活動でも火山構造性地震の発生回数は、9月以降徐々に増加し、10月20日以降は急激に増加した。PVMBGは9月20日にWaspada、10月21日にSiagaに警報レベルを上げた。以前の前兆活動と異なる点は、火山性地震の放出エネルギーは以前の噴火前の地震活動に比べて約3倍に達し、光波測量により観測される山体の膨張も爆発が近づくにつれ加速し、10月25日には1日に50cmの膨張が観測されたことである。さらに注目すべきは以前の活動では新たな溶岩ドームが山頂に出現し、古い溶岩ドームを含めて崩壊を始めるのであるが、今回の活動では地表に溶岩ドームが現れなかった。2006年に噴出した溶岩ドームが火道上部の栓の役割をして新たな溶岩ドームが地表に達することができず火道内部の圧力が急激に高まった結果、地震活動と地盤変動が加速したのである。爆発発生2日前の10月24日には地震回数は80回に達し、翌日25日の朝にPVMBGは警報レベルを最高レベルのAwasに上げ、山頂から10kmの範囲に居住する約6万9千人の住民が避難した。10月26日夕刻の爆発的噴火により2006年の溶岩ドームは破壊され、山頂周辺の広い範囲に噴石が飛散、爆発に伴うブラストは南南東方向へ約5km、火砕流は約8kmの距離に達した。警報の発表にもかかわらず避難しなかった住民約30名がブラストと火砕流に巻き込まれた。避難しなかったのは、以前のように溶岩ドームの出現による赤い炎( api)が見えなかったからである。爆発的な噴火は溶岩ドームの出現を経てから火砕流が発生するという過去の経過をたどらなかったのである。過去の噴火の経験則だけでは不十分であるが、観測結果に基づいて科学的な解釈を行えば、その予測はできることを示した例である。



10月26日の爆発発生直前の地震活動と地盤変動



11月1日の火砕流。約4km流下した

—噴火活動の激化—

一方、火山噴火では最初の噴火開始以降に異なる推移を見せることがしばしばおこる。わが国の場合でも1986年伊豆大島噴火は当初三原山山頂火口からの溶岩噴出で始まったが、約1週間後には大規模な山腹噴火に移行したし、水蒸気爆発で始まった雲仙普賢岳噴火は半年後の1991年5月には溶岩ドームが形成され、火砕流が頻発するようになった。小規模な海底噴火で終わるかと思われた2000年三宅島噴火は山頂に直径1kmのカルデラを形成し、多量の二酸化硫黄ガスを放出したことは記憶に新しい。メラピ火山では10月26日の爆発的噴火後は10月30日に火砕流の発生がやや多い日があったものの、11月2日までは比較的穏やかであった。ところが、11月3日11時ごろからほぼ連続的に火砕流が発生するようにな

り、警戒区域は山頂から 15km まで広げられた。この活動は 11 月 5 日にはさらに激化し、火砕流は南南東側の Gendol 川に沿って 17km の距離まで達した。警戒区域は 20km まで拡大され、約 38 万人の住民が避難した。死者は 300 人以上と発表されている。また、噴煙は高度 10 km まで上昇し、放出された火山灰は数 100km 離れた西ジャワまで拡散し、国際線を含む航空機の欠航も相次いだ。噴火活動により観測網の一部が破壊されていたとはいえ、この噴火活動の活発化に先行する顕著な地震活動や地盤変動は観測できていない。11 月 3 日～5 日の火砕流と火山灰量は 10 月 26 日の爆発によるより多く、さらに多量のマグマが上昇してきたと考えられるが、10 月 26 日の爆発で山頂の溶岩ドームが破壊されて直径約 200m の火口が形成され、地下深部のマグマ溜まりと火口が直接つながって火道が開放状態となったため、火山性地震の発生や地盤変動に大きな変化がなかった。しかも火砕流は溶岩ドームの崩落によるものではなく、火口から直接あふれ出たものであり、これまでのメラピ火山の火砕流の発生形態と全く異なるものであった。

このような火山活動が今後どのような方向に進展するか不確定な要素が多いため、火山活動の評価のためにインドネシア政府は日米の専門家の緊急派遣を要請した。日本からは井口正人(京都大学防災研究所)、野上健治(東京工業大学火山流体研究センター)、金子隆之(東京大学地震研究所)が国際緊急援助隊として 11 月 9 日に派遣された。派遣時は依然として噴火活動は活発であり、多量の火山灰が山頂から連続的に放出されるとともに時々火砕流も発生した。噴火活動とそれに伴う火山性微動の振幅は 11 月 6 日以降、徐々に低下しており、短期的には噴火活動は低下する方向に進むが、火山性地震活動はいまだに活発であり、火山灰の分析は 10 月 26 日の最初の爆発と 11 月 3 日以降に放出された火山灰は異なる性質を示すことから地表の火口と直接的につながった深部のマグ

マ溜まりからマグマが上昇してきていることが推定され、今後さらに大きい噴火に発展する可能性を否定できないと国際緊急援助隊は判断した。幸い、その後も噴火活動は低下し、12 月 3 日に警報レベルは **Siaga** に引き下げられた。しかし、本格的な雨季に入り、ラハール(火山泥流)が発生し始めたことから今後は土砂災害対策も急務となってきた。

メラピ火山の一連の火山活動により我々は以下のことを学ぶことができる。①従来から言われていたことであるが、噴火活動が始まり、火道が開放系となった後の火山活動推移の予測は現在の火山学の知識をもってしても依然として難しいことである。とくに初期噴火によって火山観測網が破壊されれば一層困難となる。その場合、観測網の維持、緊急的な復旧体制を構築する必要がある。②そうはいいながら噴火の開始の時点での予測は科学的根拠をもってすれば対処可能である。噴火予知の成否は観測データに基づく活動評価の判断力と避難への決断力の問題である。③日本の火山では 2007 年 12 月に噴火警戒レベルが設定されてから、住民の避難という防災対応が必要なレベル 4, 5 の発表を経験したことがないだけでなく、それ以前の火山活動における危機的状況においても数 km 程度の警戒区域の設定と 2 万人以下の住民の避難の実績しかなく 20km に及ぶ警戒区域を対象とし数十万人の住民を避難させる危機管理の経験がない。最近の噴火活動は概して低調とはいえ、日本の火山も噴火ポテンシャルは高く、このような危機管理が必要とされる時は必ず来る。歴史時代の噴火では、そのような広域警戒区域の設定が必要ではなかったにしても、桜島など 20km 圏内に数十万人の住民を抱える火山では広域火山防災のあり方を考え直す必要があろう。