

# フィリピンの火山防災対策について

伊藤英之\*

## はじめに

フィリピン諸島は日本列島同様、海洋プレートの沈み込み帯に位置し、地震活動および火山活動が非常に活発な地域である。

筆者は1999年10月21～26日にフィリピンで開催された「火山砂防フォーラム in Philippine」における主催者側のサポートを目的として10月12日より26日までフィリピンに滞在した。この際、ピナツボ火山、マヨン火山、タール火山を訪れる機会を与えられ、さらにマニラ滞在中には、フィリピン火山地震研究所にも訪れることができた。

火山砂防フォーラム in Philippine参加報告については、齋藤・前田が本誌において別途しているのですが、ここではフィリピンにおける火山防災対策の現状、特に警戒避難体制について筆者が見てきた範囲で紹介する。

## 1. フィリピンのテクトニクス

図-1にフィリピン諸島付近の火山分布およびプレート境界分布図を示す。フィリピンは数千以上の島の集合体であり、大きく2つの沈み込み帯（マニラ海溝および東ルソン-フィリピン海溝）の存在により日本列島に比較して非常に複雑な地質構造を有している。また、これらの海溝の存在により地震活動が非常に活発な地域であり、1990年7月16日に発生したフィリピン地震（M=7.6）など、巨大地震が発生しやすい環境にある。

火山の分布は、プレートの活発な沈み込みに対応して明瞭な火山列が2列認められる。1つはルソン島の西方で、南シナ海が東方に沈み込み、これに対応してピコール半島を除くルソン島とミンドロ島および台湾との間の島々に火山列が認められる。1991年に大噴火を起こしたピナツボ山や1965年にマグマ

-水蒸気爆発を発生させたタール火山などは、この火山列に含まれている。一方、ルソン島のピコール半島とレイテ島、ミンダナオ島の東方では火山フロントでの火山の帯状配列が明瞭である<sup>1)</sup>。

1993年に火砕流により70名以上の犠牲者を出したマヨン火山や1951年に火砕流噴火を発生させ、フィリピン火山地震研究所（Philippine Institute of Volcanology and Seismology；以下PHIVOLCS）の創設のきっかけとなったヒボックヒボック火山などはこの火山列に含まれる。

フィリピンの活火山の定義は日本のそれとは異なる

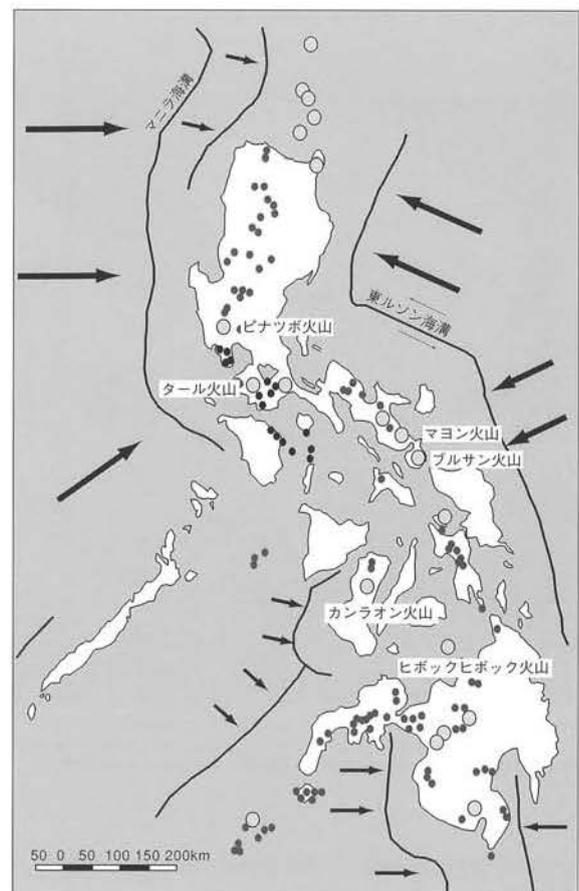


図-1 フィリピンのテクトニクスと火山分布

○は活火山であり、●はその他の火山を表している。また矢印はプレートの沈み込み方向を示している。(After PHIVOLCS)

\* (財)砂防・地すべり技術センター砂防部

り、過去700年程度以内に噴火した火山を活火山として定義している。

従って、他の国際火山研究機関（例えばスミソニアンや国際火山化学地球内部学会等）が発表しているフィリピンの活火山数とPHIVOLCSが発表している活火山数が異なっている。ピナツボ火山が1990年以前のPHIVOLCSの活火山リストから漏れていたのもこのためである。

## 2. 火山防災対策の概要

一般的に火山防災体制の整備は、火山活動のモニタリング、ハザードマップの整備を含む対策計画の策定および緊急時における警戒避難の実施（訓練を含む）によって評価される<sup>2)</sup>。

ここでは国際火山地球内部化学協会（IAVCEI）が提唱する減災のためのステップに沿ってフィリピンの火山防災事情を紹介する。

### (1) 火山活動のモニタリング

フィリピンにおける火山活動のモニタリングは

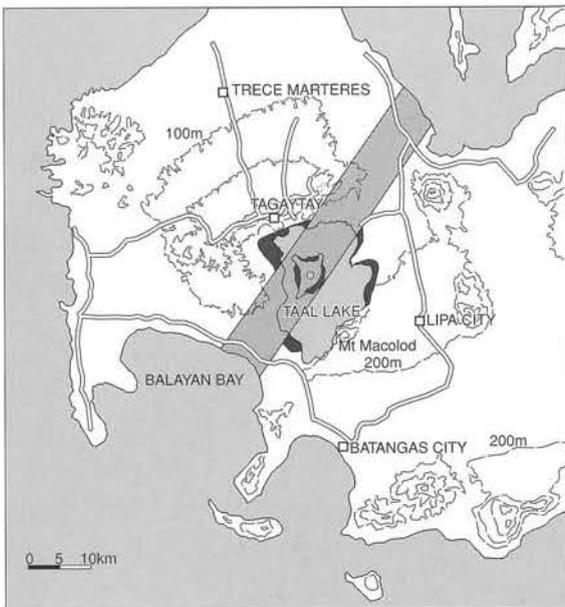
PHIVOLCSによって一元管理されている。

現在、PHIVOLCSでは、フィリピン国内に存在する21の活火山のうち、マヨン火山、タール火山、ブルサン火山、カンラオン火山、ヒボックヒボック火山、ミンダナオ火山およびピナツボ火山の8火山についてリアルタイム観測をしている<sup>3)</sup>。

ピナツボとマヨン火山を除いて全てアナログ地震計と水管式傾斜計を用いて火山活動のモニタリングを行い、データはそれぞれの火山山麓にある火山観測所に集められ、メトロマニラ・ケソン市にあるPHIVOLCSに無線で送信されている。

ピナツボ火山では、1991年4月以降、リアルタイムデジタル地震テレメータネットワークが稼働している。また、JICA等によるリアルタイムラハールモニタリングシステムも稼働しており、これらのセンサーが異常を検知した場合には直ちに山麓の住民に伝達される。

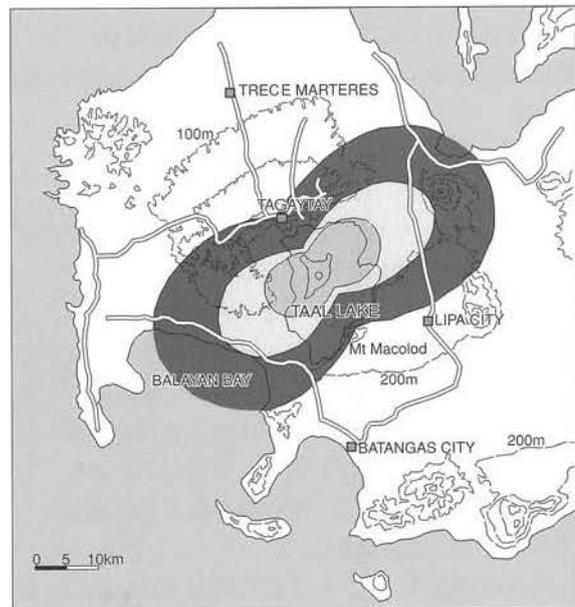
マヨン火山においても1993年の噴火活動以降、地震テレメータネットワークが完成しリアルタイムでデータ取得が行われている。



Hazard Map for Seiches/Tsunamis and Flooding; Fissuring and Ground Subsidence. Blackened areas are susceptible to Seiches / Tsunamis and Flooding. Areas on the red color are areas where fissuring and ground subsidence might occur.

図-2(1) タール火山における割れ目噴火とそれに伴う津波ハザードマップ

■で示している場所が割れ目噴火の発生予想範囲、■で示している範囲が津波・洪水の影響予測範囲である。



Hazard Map for Airfall Tephra (for eruption column <3,000m). High risk areas will likely receive >10cm thick ashfall. Moderate risk areas will receive 1-10cm thick ashfall while the low risk areas will receive < 1cm thick ashfall. Areas in the west reflect estimated fallout pattern from May to September while areas in the east reflect estimated fallout pattern from April, October to December.

図-2(2) 降下火山灰のハザードマップ

噴煙柱が3,000m程度まで発達した場合の影響範囲。危険区域は10cm以上の火山灰が堆積し、low risk範囲では1cm程度以下の火山灰が堆積する。風向きは5～9月までと10～4月までの両方を想定している。

## (2) ハザードマップの整備

PHIVOLCSでは火山活動のモニタリングのほか、中長期的な火山活動の評価を行うことを目的として、火山地質学的研究を行っており、その成果の一部としてハザードマップが整備されている。

ハザードマップはあらかじめ全住民に配布されているわけではなく、ハザードマップが必要な人はPHIVOLCSに行けば、コピー代のみで簡単に入手することができるようになっている。

図-2(1)、(2)にタール火山におけるハザードマップ<sup>4)</sup>を示す。ハザードマップはPHIVOLCSのAnnual Reportsという形で取りまとめられている。レポートには、地質調査結果や噴出物に関する詳しい調査結果が記載されており、最後の数ページにそれぞれの火山現象の影響範囲を示した、現象ごとのハザードマップが示されている。

図-2(1)では割れ目噴火が発生する可能性のある範囲が■でゾーニングされており、噴火に伴う津波の影響範囲が■で示されている。また、図-2(2)は噴火に伴う降灰の予想影響範囲を示している。

ハザードマップは、PHIVOLCSが研究の対象としている全ての火山において整備されている。

図-2を見てもわかるように、フィリピンのハザードマップの精度は決して高くはない。危険度の評価は地形条件と、過去の最大到達実績だけで評価されているし、危険度ゾーニングも大ざっぱである。しかしながらハザードマップは1980年代後半までにはほとんどの火山で整備され、後で述べるオペレーションプログラムがこれと同時に整備されていたことは特筆すべきであり、雲仙岳の噴火が契機となり、



写真-1 カグサワから見たマヨン火山  
山頂ガリーから写真右手方向に1993年溶岩流が認められる。また、山腹中腹の溶岩流底面には裸地（矢印部）が認められる。この部分は1993年に発生した火砕流により浸食された部分である。

やっと13火山でハザードマップの作成が行われた日本の火山防災事情と比較してかなり先進的である。

## (3) 対策計画および警戒避難行動・指示

フィリピンの火山防災対策において特に優れているものとして、「オペレーション××火山計画（××火山噴火対策作戦手引書）」が作成され、既にいくつかの火山では実際に試されていることである。ここでは、マヨン火山における噴火対策作戦手引書「オペレーションマヨン」を紹介する。

マヨン火山は、マニラの南東約300kmのルソン島アルバイ州に位置するフィリピン有数の活動的火山である。写真-1に南側から見たマヨン火山の写真を示す。マヨン火山は標高2,462mの富士山型の非常に美しい成層火山である。

表-1（66頁）にマヨン火山における有史以降の火山活動史を示す。マヨン火山における最初の噴火記録は1616年にまで遡ることができる。

マヨン火山の活動形態の多くは爆発的であり、ブルカノ式噴火に伴い火砕流が発生する形態が多い。また、活動の末期には溶岩流が発生することがある。さらにラハールも容易に発生する。

有史以降におけるマヨン火山の主要な噴火26例を対象として、噴火パターンの解析を行った例がある<sup>5)</sup>。これによると、噴火発生時にはほぼ確実に降灰が伴い（84%）、噴火中のいずれかのステージで火砕流が発生する（90%）、また溶岩流で開始する活動は少ないこと（10%）など、噴火癖が比較的明らかになっている。

また、噴火開始と同時に火砕流が発生することもあり、その発生確率は21例中6例もある。このため、噴火開始後の避難では遅すぎるのが示唆されており、早期警戒・早期避難が最重要課題であった。

オペレーションマヨンは既に1968年以前に作成され、1968年、1978年の噴火で実際にテストされ、1984年の噴火後に、この噴火で得られた教訓を取り入れて大幅に見直し改訂がなされた<sup>6)</sup>。

オペレーションマヨンにおける火山対策の基本はハザードマップと火山活動のモニタリングである。図-3（66頁）にオペレーションマヨンにおけるハザードマップを示す。

マヨン火山におけるハザードマップも、ほかの火山のハザードマップ同様、危険度ゾーニングの精度は粗く、溶岩流、火砕流、火山灰およびラハールの

表-1 マヨン火山における主要な火山噴火(岡田, 1994より抜粋)

発生日時	災害の記載	死者	備考
1616/2/19-23	火の川、火山灰等		強い有感地震を伴った
1766/7/20-25	火砕流、降灰、溶岩流		
1766/10/23-24	台風通過によるラハール	49	レガスピでも氾濫死者19
1800/10/30-31	噴火、カグサワの町を破壊		
1814/2/1	大噴火、噴石によりレガスピ、カグサワ壊滅	1200<	マヨン火山最大かつ有史以来最初のプリニー式噴火
1834-1835	全ての方向へ溶岩流流下		
1853/7/13-8/26	大噴火、火砕流、ラハール	34<	
1858/1-12	溶岩噴泉、穏やかに溶岩流を流出		避難所が不衛生となり死者多数
1871/12/8-1872/1	噴火、火山灰により2名窒息死、1名埋没死	不明	激しい地震、地殻変動を伴う
1875/11	ラハール、噴火ではない	1500	
1886/7/8-1887/3/10	断続的に小噴火継続、溶岩流、ラハール、火砕流?	15	ラハールは1年以上継続した
1892/3-29	噴火、火砕流?		
1897/6/4-7/23	全方向へ火砕流、セントドミンゴ壊滅	350	Glowing mountain(山全体が燃えていると記載)
1928/1-8	火砕流噴火、末期に溶岩流	1>	火砕流に巻き込まれ、死体は炭化状態
1938/6/5	断続的噴火、火砕流、溶岩流		
1947/1/8-2	噴火、溶岩流、火砕流		
1968/4/20-5/20	溶岩噴泉、火砕流		噴火後ラハールが断続的に発生 最初のおペレーションの実施 近代観測がなされた最初の事例
1978/5/3-7/4	溶岩噴泉、溶岩流		
1981/6/30	台風通過により大規模ラハール	40	
1984/9/9-10/6	火砕流、溶岩流		噴火後にオペレーションマヨンの見直し
1993/2/2	火砕流、溶岩流、ラハール	70	負傷者100名以上(火砕流による)
1999/9/22	水蒸気爆発		

※マヨン火山では有史以来44の噴火の記録がある。そのうち主要な噴火およびラハール災害を抜粋した。

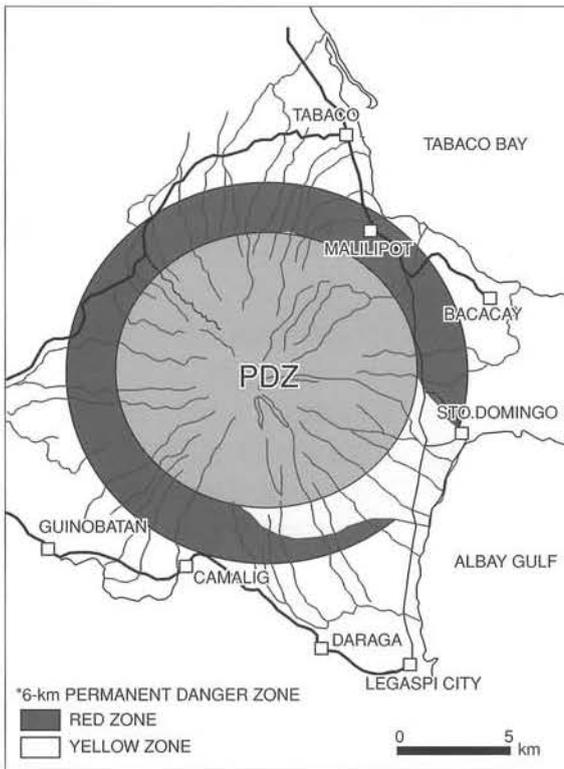


図-3 オペレーションマヨンで用いられているハザードマップ (PHIVOLCS, 1990)

山頂火口から半径6km以内は、永久危険区域であり、居住は認められない。レッドゾーンは危険度が高い地域、イエローゾーンはそれに次ぐ危険度の注意区域。

影響予想範囲が同心円状に示されている。

オペレーションマヨンでは山頂を中心として半径6 km以内が永久立ち入り禁止区域 (Permanent Danger Zone) として指定されており、この中には永久に居住することはできない。

オペレーションマヨンの対策で注目されるのは、火山活動の推移を定性的にモデル化し、活動レベルに応じて要請される対応行動をシステムティックに決めていることである。

表-2 にオペレーションマヨンで定められた注意警戒レベルシステムを示す。表-2 は1984年以降に改訂されたものであるが、旧版では各レベルに対応した対応処置が記載されていた。

マヨン火山が噴火を開始したり、噴火の兆候が認められた場合 (警戒レベル2以上)、図-4 に示すネットワークを用いて住民まで情報が伝達される。

噴火警報はPHIVOLCSから発表されるが、実際の避難活動は州災害評議会 (Provincial Disaster Coordinating Council : PDCC) が実施する。

第1警戒レベルに達した時点で、州災害評議会が活動を開始し、PHIVOLCSと密接な連携が図られる。また、大統領室 (Office of President) は、PHIVOLCSと州評議会との間に立ち、必要な情報

表-2 オペレーションマヨンにおける注意・警戒レベル (PHIVOLCS, 1993)

警報レベル	対応する火山活動	解釈
なし	背景的活動、静穏	近い将来の噴火兆候なし
1. 異常出現	地震や噴気等の低いレベルの活発化	マグマ性、構造的、熱水性のいずれかが原因
2. 注意警戒	地震、落石、火山灰突噴出 (puffing) 等弱～中程度の異常出現、赤熱、溶岩落下 (lavatricks) 等、マグマの関与を示す現象を伴う	(1) マグマ貫入の可能性大、噴火に至る可能性有り (2) 活動の低下傾向の場合、レベル1に移行
3. 警戒	火山活動活発化 低周波地震群、小規模火山灰、爆発の発生等	(1) 活動が拡大傾向ならば2～3日から数週間以内に爆発の恐れ (2) 活動が低下傾向の場合、レベル2に移行
4. 大噴火切迫	強度の火山性異常現象 火山性微動、低周波地震、溶岩の穏やかな噴出、小規模火山灰爆発の頻発	災害をもたらす可能性がある爆発的噴火が2～3時間から数日以内に発生する恐れ
5. 大噴火進行中	大噴火進行中 火砕流、噴煙高度6 km以上の大噴火	災害をもたらす大噴火進行中 特に谷地形や風下地域で注意

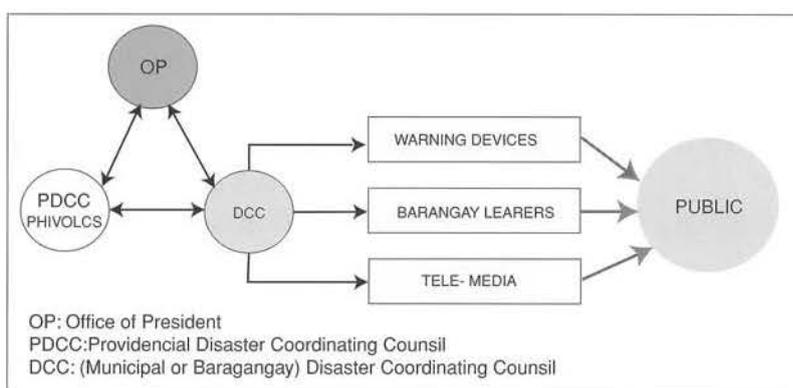


図-4 フィリピンにおける情報伝達体制

フィリピンにおいては、大統領とPHIVOLCSと州レベルで避難判断が行われ、情報はマスメディア等を通じて一般に伝達されるシステムが構築されている。

を受け、実際の避難活動について助言を行う。

また、州災害評議会は市災害評議会 (Municipal Disaster Coordinating Council: MDCC) や集落災害評議会 (Barangay Disaster Coordinating Council: BDCC) と連携し、直接サイレンによる避難命令を発令したり、救護活動を展開する。PHIVOLCSやPDCCからの情報はマスメディアを通して伝達される。

オペレーションマヨンにおいては、州レベルのPDCCが対策の実行の中心となっており、国レベルでそれをバックアップする体制が整備されている。

また、フィリピンにおける警戒避難指示において重要な点として、警戒避難の指示は行政的な判断で行われるのではなく、火山研究者による科学的な判断により避難指示が発表されていることである。火山研究者はリアルタイムで送信されてくる各種データ (地震波形や傾斜計の連続観測データであることが多い) の解析により、リアルタイムで変化する火山体内部の物理化学状態を把握し、行政担当者と合

同で避難判断を行う。従って、場の変化に応じた適切な避難情報を的確に発令できるシステムとなっている。

最終判断を末端の地方自治体に任せきりで、市町村長が限られた情報のみをもとに対策を実行している我が国の火山噴火危機管理とは大きく異なっている。

#### (4) 防災教育・普及啓蒙

写真-2(1)、(2) (68頁) にマヨン火山南西麓に位置するユニオンヒル

観測所の写真を示す。PHIVOLCSの火山観測施設には写真-2のような展示施設があり、一般に開放されている。展示内容は、十勝岳火山砂防情報センターや桜島国際火山砂防情報センターのような高度かつビジュアルなものではないが、火山災害に関する基礎的かつ有益な情報が多数展示されていた。

写真-2(1)のパネルではフィリピンにおける主要な火山の分布や、マヨン火山を含むフィリピン国内の噴火状況写真等が展示されている。また、フィリピンにおける地震・火山活動の発生メカニズムなどを示したプラスチックモデルやパネルが展示されている。

写真-2(2)は同観測所に設置されている固有周期1秒単成分地震計である。単成分であるが連続観測されており、過去のデータを比較することにより微少な火山性異常でも検知できる。

この他、PHIVOLCSでは実際の噴火活動に際して、住民への説明会や、小学校から大学まで職員が出張し、火山災害に対する啓蒙・啓発活動を積極的

に実施している。

その他、地元教師やマスコミ相手に火山現地セミナーを開催したり、火砕流やラハール災害の史跡を訪れたり、社会的な環境づくりも創意豊かに行われている<sup>7)</sup>。

### 3. フィリピンの危機管理能力

#### —1991年ピナツボ火山噴火に際してとられた措置

1991年4月、マニラから北に約90kmほど離れたピナツボ山付近を中心とする群発地震が観測された。地震の震源は時間を追うごとに浅くなった。群発地震に引き続いて山頂付近において水蒸気爆発が発生した。

PHIVOLCSはUSGS（アメリカ地質調査所）とともに山体周辺の地質調査を実施した結果、約500年前に大規模な軽石噴火を発生させていたことが明らかになった。

PHIVOLCSは小噴火発生を受け、緊急観測班

(Quick Response Team : QRT) を組織し現地へ派遣し、地震の臨時監視ネットワークの構築、詳細な地質調査とハザードマップの整備、測地観測や火山ガスの観測、警戒レベルの設定など火山活動履歴の復元と防災対策を実施した。

一方、前年（1990年）にフィリピン地震が発生したため、その影響による熱水活動の可能性もあった。しかしながら火山ガス中に含まれるSO<sub>2</sub>放出量が高く、低周波地震の発生も認められたため、噴火の一ヶ月以上前にはマグマ活動が確実視されていた。

PHIVOLCSは、想定される災害形態を「確率樹」(Probability Tree) の概念を導入し、時間ごとに変化する火山活動度を評価した (図-5)。

図-5は、大噴火の約1ヶ月前、1991年5月17日時点の確率樹を示している。この時点では熱水系の活動や断層構造的な地震ではないことが明らかであった。また、マグマの貫入のみで火山活動が終了する可能性もあった<sup>8)</sup>。噴火に至った場合、火砕流が東麓麓まで達することまでを想定している。

1991年6月5日には、それまで増加傾向にあったSO<sub>2</sub>放出量が減少傾向に転じ、地震活動の活発化、溶岩ドームの成長へと急展開した。

これに伴い、警戒レベルは徐々に高められ最終的には第5警戒レベルにまで引き上げられた。第5警戒レベルが発令されたとき、約25,000人の避難が始まり、さらにクラーク空軍基地の約15,000人が帰米した（6

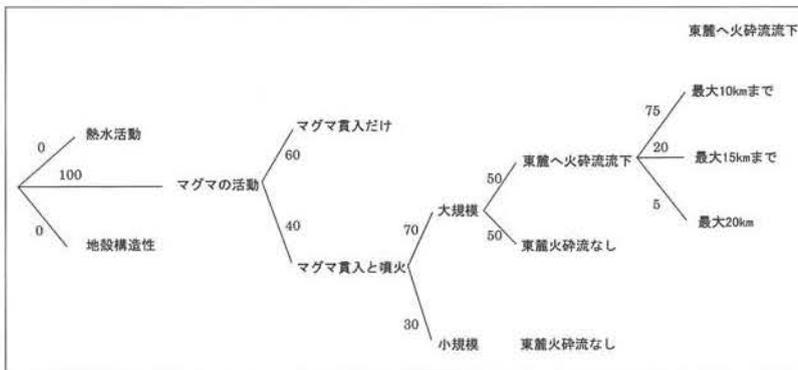


図-5 ピナツボ火山噴火で用いられた噴火予測の確率樹 (Punongbayan et al., 1996)  
大噴火の約1ヶ月前の段階で1年以内に発生が予測される現象を想定している。シナリオを絞っていく過程で考え方の整理に役立つ。数字は%。



写真-2(1) マヨン火山麓にあるユニオンヒル観測所1階にある展示施設

フィリピンのテクトニクスや火山観測方法、マグマの形成過程のモデルなど一般に親身にわかりやすく展示物が配置されている。



写真-2(2) ユニオンヒル観測所に設置されている固有周期1秒単成分地震計

データはアナログでペンレコーダーで打ち出されている。アナログではあるが連続観測されているため、過去のデータを比較することにより微小な火山性異常でも検知できる。

月10日)<sup>9)</sup>。

6月12日に大規模な軽石噴火が始まり、噴煙柱高度は上空20,000m以上に達し、大規模な火砕流が発生、さらに山頂付近には直径2 kmのカルデラが形成された(写真-3)。

火山活動の評価に基づく警戒体制が機能した結果、史上第3番目の大規模火山噴火災害にもかかわらず、火砕流による死者数十名、降下軽石による家屋の倒壊に伴う犠牲者は180名だった。

ほぼ同時期、日本では雲仙岳の火山活動が発生した。1991年5月下旬には雲仙岳山頂で溶岩ドームが形成され、小規模な溶岩ドームの崩落が発生し火砕流の発生が懸念されていた。もし、日本国内においてフィリピンのような危機管理体制が整備されていたら、6月3日の火砕流による43名の犠牲は未然に防げていたかもしれない。

#### 4. 我が国における警戒避難対策との相違点

我が国においても1993年度からの国土庁の補助事業<sup>10)</sup>により樽前山、浅間山、伊豆大島、阿蘇山、桜島等の火山においてハザードマップが整備され、現在、岩手山を含めて13火山においてハザードマップが整備されている。また、ハザードマップの整備に伴い地域防災計画の見直しが行われつつある。

現在ハザードマップが整備されている火山は、国の噴火予知計画による「活動的で特に重点的に観測

研究を行うべき火山」とほぼ対応しており、この点は評価できる。

一方、日本国内には86の活火山が存在しており<sup>11)</sup>、ハザードマップが整備されている火山は13火山しかないのは、海外の事例と比較してもあまりにも少ない。

少なくとも万が一の事態に備え、噴火予知計画による「活動的火山および潜在的爆発活力を有する火山(例えば秋田駒ヶ岳、那須岳、富士山等23火山)」を有する自治体は、ハザードマップを整備すべきである。

なお、現在公表されているハザードマップは<http://www.chiyoda-fire.co.jp/>に掲載されているので興味のある方はご覧いただきたい。

我が国における火山防災体制の本質的な問題点はハザードマップの整備ではなく、発生する災害因子により担当する行政部局が異なる点である。例えば、火山観測は大学と気象台、火山泥流・土石流は建設省、防災全般は国土庁と都道府県、危険域の最終判断は市町村長が分担している。

フィリピンの場合、火山観測からハザードマップの作成、避難判断、情報伝達、ラハール対策まで全てPHIVOLCSが実施している。このような体制は、アメリカであれば米国地質調査所(USGS)が担当し、インドネシアであれば国立火山調査所(VSI: Volcanological Survey of Indonesia)が行っている。



写真-3 ピナツポ火山山頂のカルデラ湖(1999年10月24日筆者撮影)

火口の直径と爆発のエネルギーには相関があり、火口直径の対数値( $\log_{10}D(m)$ )と爆発のエネルギーの対数値( $\log_{10}E(J)$ )は直線回帰される(Sato & Taniguchi, 1996)。噴火によるエネルギー放出は膨大なものであったことがわかる。



写真-4 マヨン火山1999年9月22日の水蒸気爆発

カグサワの土産物屋で10月15日に購入。垂直に立ち上がるカリフラワー状の噴煙と山腹を流れ下る噴煙が認められる。山腹を駆け下る噴煙は水蒸気爆発に伴い既存岩石が水蒸気の尾を引いて流下しているものか、火砕サージと考えられる。

すなわち火山観測によって得られた重大な観測事実が直接防災対策、特に地域避難に反映されるシステムが確立されている。一方、我が国においては、火山災害に関する重大な観測結果がダイレクトに地域避難に反映する体制が不十分であり、重大な災害が発生してから避難勧告や避難命令が発表されることが少なくない。例えば、1986年11月21日の伊豆大島の噴火では、溶岩流の噴出ピークが過ぎてから全島避難が始まり、後に全島避難の妥当性が議論された。

同様のことは火山噴火に限らず通常の土砂災害でも認められている。

やはり我が国においても観測から情報伝達、避難指示までの一元化が望まれる。

## 5. 最後に

筆者がマヨン火山を訪れる約1ヶ月前の1999年9月22日、マヨン火山が水蒸気爆発を発生させ、警戒レベルがレベル2に引き上げられた。写真-4(69頁)はその噴火の瞬間の写真である。噴火に伴い火砕サーージュらしき現象が斜面を駆け下っているのが認められている。

今後、火山活動がマグマ噴火に移行するか、あるいはこのまま収束するか現時点では不明であるが、火山活動の評価に基づく警戒体制が機能し、火山災害を防止されることを願う次第である。

また、フィリピンの優れた火山防災体制を参考に、我が国の火山対策が向上するよう今後も検討していきたいと思う。

## 謝辞

建設省砂防課の関係諸氏には、フィリピン出張にあたり便宜を図っていただいた。また、現地におい

ては酒谷JICA専門家に大変お世話になった。また、日本工営ピナツボならびにマヨンプロジェクトチームのみなさんにも大変お世話になった。

ここに記して感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 宇井忠英・Sandra G. Geronimo-Catane (1993) フィリピンの火山. 月刊地球Vol.15, No.12, p755-761.
- 2) IAVCEI (1997) 火山災害の軽減. 24分ビデオ.
- 3) Bart Bautista (1993) フィリピン火山地震研究所について. 月刊地球Vol.15, No.12, p738-743.
- 4) R. A. Arboleda (1987) Hazard Zonation Maps of Taal Volcano. PHIVOLCS Annual Report '87.
- 5) 岡田弘・大島弘光 (1994) マヨン火山の噴火の前兆現象と1993年2月2日の噴火. 文部省科学研究費総合研究(A)研究成果報告書. 1993年フィリピン・マヨン火山の噴火と災害の調査研究. p7-14.
- 6) PHIVOLCS (1990) Operation Mayon. Phivolcs Press, 35p.
- 7) 岡田弘・大島弘光・宇井忠英・筒井智樹 (1994) マヨン火山の火山災害対策及び社会対応. 文部省科学研究費総合研究(A)研究成果報告書. 1993年フィリピン・マヨン火山の噴火と災害の調査研究. p93-98.
- 8) 岡田弘・宇井忠英 (1997) 噴火予知と防災・減災. 火山噴火と災害. 東京大学出版会. 204p.
- 9) 国土庁防災局 (1993) 火山噴火災害危険区域予測図作成指針. 153p.
- 10) 気象庁 (1996) 日本活火山総覧 (第2版).
- 11) 廣井脩・吉井博明・山元康正・木村拓郎・中村功・松田美佐 (1992) 平成3年雲仙岳噴火における災害情報の伝達と住民の対応. 平成3年度文部省科学研究費・重点領域(1)成果報告書. 災害時の避難・予警報システムの向上に関する研究. p1-145.