

# P-14 マヨン火山の2000年噴火と警戒・避難対策

建設省・JICA長期専門家 ○酒谷 幸彦  
日本工営株式会社 高柳 則男、井上 公夫

## 1. はじめに

フィリピンのマヨン火山(標高 2462 m)は、7-10 年間隔で噴火をする極めて活発な火山で、非常に美しい円錐形の火山である。1993 年の噴火では、突然の噴火(予知ができなかった)で、火砕流と溶岩流が噴出し、70-80 人の犠牲者を出した。過去 200 年の最大噴火は 1814 年で 1200 名もの犠牲者を出している。

1993 年の噴火以降しばらく沈静化していたが、1999 年の 6 月に水蒸気爆発を起こし、2000 年 2 月から活発な火山活動を開始した。PHIVOLCS(フィリピン地震火山研究所)などの適切な勧告で 6.3 万人もの地域住民が整然と避難した。3 月 1 日に最大噴火を起こしたが、現在までのところ直接的な人的被害は出ていない。

国際協力事業団(JICA)では、フィリピン政府の要請に基づき、マヨン火山周辺地域防災計画調査(調査団・日本工営株式会社と株式会社コーエイ総研の共同企業体)を 1998 年 10 月より開始している。ここでは、PHIVOLCS の調査結果を踏まえ、2000 年噴火の状況と警戒・避難対策の概要について報告する。

## 2. 噴火の兆候

PHIVOLCS は、1993 年の噴火を貴重な体験として、火山活動の観測結果に基づき表-1 に示した 6 段階の Alert Level を定め、警戒・避難を勧告している。この勧告に基づき、フィリピンの行政機関や市町村は噴火に対する準備を行っており、地域住民の避難対策(避難場所の整備)を実施している。このことは地域住民にもかなり周知されている。

1999 年 2 月に、マヨン火山の活動に伴う地震波を PHIVOLCS の地震計が検知(以後、4 月と 5 月にも数回)した。その後、6 月 22 日に水蒸気爆発を起こし、噴煙は 10-12km まで上がり、少量の降灰と小規模な火砕流が観測された。このため、PHIVOLCS では Alert を 1 から 2 に引き上げ、半径 6km 以内を恒久的危険地域と指定し、立入り禁止地区とした。また、南西側四分円地区は Bonga Gully が発達しているため、7km 以内を危険区域と指定した。9 月 22 日にも水蒸気爆発(噴煙 5-6km)を起こし、小規模な火砕流が発生した。

2000 年 1 月 5 日の火口部の赤熱現象に続いて、小規模な降灰・火砕流が発生した。

## 3. 噴火の経緯と地形変化

噴火が本格化したのは、2 月 23 日頃からである。このため、Alert は順次 2 → 3 → 4 → 5 と引上げられ(表-2)、南東側四分円地区は、8km 以内を危険区域とした。そして、2 月 29 日～3 月 1 日に最大噴火となり、噴煙柱は高さ 14km まで上がり、溶岩噴泉が全方位に降り注ぎ、溶岩片が火口から 1.5km まで達した。そして、全方位に火砕流が発生し、その先端は Bonga Gully の発達する南東から南方向には 5-6km(他の方位には 2-3km)にも達した。Bonga Gully は、火砕流と溶岩噴泉によってしだいに埋められたが、1 日 1 時 43 分には溶岩流が火口から 2.3km 地点(標高 1000 m)まで到達した。このような溶岩噴泉や溶岩の流下は、南西に 12km 離れた Legaspi の市街地からもよく見えた。そして、14 時 32 分には噴煙柱が西方向に崩れて火砕流が発生し、南西～北西方向に激しく降灰した。Bonga Gully を流下した溶岩流は 1993 年の溶岩流の高まりを避けて左右に分かれ、2 日の 10 時には 6km まで流下しほぼ停止した。

PHIVOLCS は、3 月 4 日時点で今回の総噴

表-1 PHIVOLCSの火山噴火危険度

Alert Level	状態	噴火状況
0	警報なし(平常)	爆発の兆項なし
1	異常	弱い揺れ、噴気、不安定状態 Permanent Danger Zone、火口から半径6km以内立入り禁止
2	警告	やや弱い揺れ、その他の不安定状態(灰の噴出・岩の落下)、 マグマ含有物質の活性化(噴火口の帯熱、溶岩の少量流出) Extend Danger Zone、南東四分円の火口から半径7km以内立入り禁止
3	深刻 噴火・1週間以内	かなり不安定な状態。弱く頻繁な地震、溶岩流出や灰の噴出回数増加 Extend Danger Zone、南東四分円の火口から半径7km以内立入り禁止
4	噴火目前 噴火・24時間以内	非常に不安定な状態 震動や長周期の地震(回数は少ない)、静かな溶岩放出、頻繁な少量の降灰 Permanent Danger Zone、火口から半径6km以内立入り禁止 Extend Danger Zone、南東四分円の火口から半径8km以内立入り禁止
5	噴火中	火砕性の噴火、噴火柱が海拔6km以上に達する噴火 Permanent Danger Zone、火口から半径6km以内立入り禁止 Extend Danger Zone、南東四分円の火口から半径8km以内立入り禁止



写真-1 降雨後のマヨン火山南麓(3月27日)

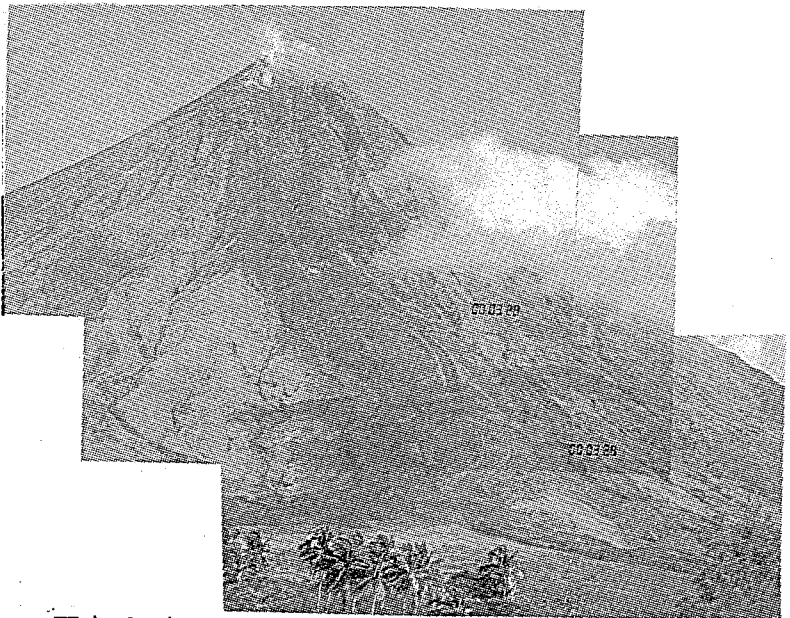


写真-2 晴天時のマヨン火山南麓(3月28日)

出量を4000万m<sup>3</sup>と推定した。その後、噴火活動は小康状態となったが、6日7時46分にはBonga Gullyを埋めた溶岩流と火砕流の一部が崩落して、大規模な二次火砕流が発生した。この時には噴煙柱が火口ではなく中腹の溶岩流付近から上がり、西方向に降灰した。この二次火砕流以後、噴火は次第に収まっていったため、Alertは5→4→3→2へと順次引き下げられた。しかし、山頂から6km以内のPermanent Danger zoneと南東四分円の7km以内の地区は立入り禁止地区となっており、現時点でも2~3万人の住民が避難している。

#### 4. 3月26~28日の現地調査

噴火がほぼ収まった3月26~28日に、マヨン周辺の現地調査を行い、火山噴火による地形変化と住民避難の状況を把握した。

写真-1は降雨後の27日(前日の降雨74mm)の南麓の状況である。高温の溶岩流から水蒸気が上がって白くなっているのが分かる。2本の溶岩流の間は、93年の溶岩流で溶岩堤防が明瞭に見え、かなり背が高い。この高まりのために、今回の溶岩流は2本に分かれた。向かって左側が先で、右側は後から流下したと考えられる。それに対し、火砕流の範囲は黒く、すでに温度が下がっている。火砕流前方の熱風部では、椰子の林が焼け焦げ、周囲の緑とは対照的な色調である。

写真-2は28日の晴天時の状況で、地形変化の状況がよく分かる。93年と今回の溶岩流の流下形態(溢れている所も)がはっきりと識別できる。また、Bonga gullyの右側が大きく崩落しており、この崩落によって7日などに大規模な二次火砕流が発生したと考えられる。

また、28日でも夜になると、Legaspi市内のホテルからも、山頂の火口部がかすかに赤く光っているのが見えた。北側のMayon Rest-house(火口から3.5km、標高780m)まで登ったが、溶岩噴泉や火砕流の痕跡がよく見えた。

#### 5. 噴火の終焉とRaharの危険性

噴火は収まってきたが、Bonga Gullyには高温の火砕流や溶岩が大量に残されており、これらの堆積物の崩落によって二次火砕流発生する危険性がある。また、マヨン火山の全方位に溶岩噴泉と火砕流の堆積物が残っており、これらが今後の集中豪雨によってLahar(泥流)が発生する危険性が高い。PHIVOLCSでは、南東方向のBuyuan-Padang川とMabinit(Pawa-Burabod)川を火砕流堆積物の量が多く非常に危険な河川、南から西側のMiisi川、Anoling川、Tumpa川、及びManinila川は中程度に危険な河川と指定している。今後の台風などによる集中豪雨によってLaharが発生する危険性が高いので、河川毎に十分な観測・監視体制が必要である。

地形状況から判断して、Bonga Gullyの上部を埋めた堆積物(数10万~100万m<sup>3</sup>)が一度に大規模崩壊を起こす可能性がある。この場合、大規模な火砕流やLaharが発生して、危険範囲(南東部は7km)を越えて、人家密集地まで到達する危険性がある。このことも考慮に入れた観測・監視、総合的な防災対策の樹立が望まれる。

表-2 マヨン火山・2000年噴火の経緯

データはPHIVOLCSのMayon Volcano BulletinのInternetなどから作成

月.日	時間	Alert	危険度	日降雨量 (mm)	SO2噴出量 (t/d)	火山性地震	天候	火口の状況	噴火の状況
1999						500(平常の観測地値)			
6.22		1			4200				水蒸気爆発・噴煙10-12km上がる,小規模火砕流発生
6.25		1-2			4800				
9.22		2							水蒸気爆発・噴煙10-12km上がる,小規模火砕流発生
2000									
1.05		2							水蒸気爆発・噴煙5km上がる
2.12		2							火口に溶岩ドーム現れる
2.15		2-3							マグマが火口に接近・1週間以内に噴火すると判断
2.19		3							溶岩ドーム成長し火口を埋め,クラックが入り始める
2.20		3							溶岩ドームから溶岩片がBonga Gullyを光ながら落ち始める
2.22		3							かなり強い降雨
2.23	22:06	3		56		4070			低周波火山性地震 溶岩の破片噴出,1万人避難 溶岩ドーム・幅74m,高さ24mに成長
24	0:34	3-4			5700				H50mの溶岩噴泉,2.5万人避難
24	8:26	4-5			13500				Bonga Gullyに火砕流
25		5							火山活動やや収まる
26	14:20	5							溶岩噴泉 より激しい噴火開始
26	22:37	5			4900				火口から500mまで届く
27		5							火山爆発性地震 溶岩噴泉
28	7:00	5							噴煙5-6km 爆発性噴火開始
28	16:41~19:40				13000				噴煙10km Bonga Gullyに火砕流 火山灰雲・南東-西方向に降灰
									Bonga Gullyに溶岩流出開始
29	15:01	5							噴煙14km 最大噴火
									全方位に火砕流・南東・南-西方向に5-6km,他方向は小規模で2-3km
									火山灰雲・南東-西方向に降灰,雷鳴轟く
	15:31								溶岩噴泉,火口から1.5kmに届く
3.01	1:43	5		0					噴煙のため測定出来ず 6.3万人避難
									Bonga Gully方向の溶岩流 標高1000m・火口から2.3kmまで到達
	14:32	5							噴煙7km
									噴煙柱壊れて火砕流発生,Anoling・Miisi-Bonga-Basad-Buang gullies方向
									Bonga Gully方向の火砕流・火口から6kmまで到達,他方向は4kmまで
									溶岩噴泉,火口から高さ500mまで達する,16:09まで続いた
									火山灰雲・南東-西方向に激しく降灰,特にCamalig・Guinobatan・Ligao方向
	16:09	5							静かな溶岩流の流出続く
									溶岩の流出ほぼ停止する,6kmまで
2	10:00	5	12						噴煙で火口は見えないが落ち着く
		5		14500					噴煙で火口は見えないが落ち着く
3	1日中	5	40	8900					噴煙で火口は見えないが落ち着く
									火山灰雲と蒸気雲・南東-西方向に流れ,細かい物質が降灰
4	1日中	5	4	12100					火山性地震は続いて
									PHIVOLCSはまだ不安定な状態と判断,これまでの総噴出量を4000万m <sup>3</sup> と推定
5	1日中	5	0	8300					厚い火山性雲にほぼ覆われる
	夜間	5							火口は強く赤く光る
6	7:46	5	13	8800					低周波11回,他25回 大規模な2次火砕流発生
									Bonga Gullyを埋めた溶岩流と火砕流の一部が崩落し,大規模な2次火砕流発生
									溶岩の噴出・頻発する地震・揮発物質の放出が依然として続いている
7	1日中	5	0	3900					
	夜間	5							火口は強く赤く光る
8	8:00	5-4	24	3040					火山性地震は減少
									火口からのゆっくりとした溶岩の流出は続いている
9	1日中	4	0	2900					夜間には山頂部だけ赤く光る
10	1日中	4	0	4300					夜間には山頂部がすかに赤く光る
11	1日中	4	0	4000					夜間には山頂部がすかに赤く光る
	9:03	4							降雨と接触・噴煙柱1km上がる,北西方向に降灰
	12:42	4							Bongaの溶岩流と降雨水接触・噴煙柱北西に流れる
	夜間	4							山頂部がすかに赤く光る,僅かだが溶岩の噴出続く
12	1日中	4	0	4330					低周波7回,他4回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
13	1日中	4	0	7000					低周波3回,他2回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									地下からの溶岩の貫入はほぼ停止する,揮発性物質の噴出・白い蒸気は継続している
14	1日中	4	0						震で見えず 低周波11回,他5回
									電気距離計(EDM)の測定・昨日から沈下はなくなる,溶岩の貫入は停止か
15	1日中	4-3	15	9000					低周波13回,他8回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									種々の観測結果から判断すると新鮮なマグマは山頂近くのパイプに残っている
									しかし電気距離計の測定から沈下はなくなり,溶岩の貫入は停止した
									直ちに激しい爆発性の噴火は起こらないが,マグマ中の揮発物質の噴出は起こりうる
16	12:54	3	5						震で見えず 低周波5回,他10回 新しい溶岩流が崩壊し,2次火砕流発生
	13:50-16:19	3							連続して2次火砕流発生,噴煙柱は火口ではなく崩壊した溶岩流から発生
	夜間	3							山頂部がすかに赤く光る・昼間は蒸気の下層が見える
17	1日中	3	96						震で見えず 低周波8回,他10回
									種々の観測結果から判断すると新鮮なマグマは山頂近くのパイプに残っている
18	1日中	3	65						低周波16回,他18回 かなり激しい降雨
	1:38-3:00	早朝							連続して2次火砕流発生,噴煙柱は火口ではなく崩壊した溶岩流から発生
19	1日中	3	2	5900					低周波17回,他11回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
20	1日中	3	26	3000					低周波12回,他8回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
21	1日中	3	100	900					低周波6回,他19回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									種々の観測結果から判断すると新鮮なマグマはパイプに残っている,終日雨
22	1日中	3	0	4400					低周波9回,他16回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
23	1日中	3	0	7700					低周波12回,他1回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
24	1日中	3	18	7000					低周波24回,他1回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
25	1日中	3	22	7700					低周波20回,他2回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									白い蒸気が上がっていない,新鮮なマグマがパイプに残っている
26	1日中	3	74						震で見えず 低周波12回,他4回 降雨のため蒸気も赤い光も見えない
									火山性ガスを大量に出している
27	1日中	3	31	8500					低周波8回,他14回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
28	1日中	3	0	1200					低周波9回,他11回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									火山性ガスを中規模に出している,23:55-23:56・1:32にも水蒸気爆発が起る
31	1日中	3-2		3600					低周波36回,他5回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
4.01	1日中	2		6210					低周波40回,他7回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
4.02	1日中	2		7000					低周波33回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									一時的にSO2や地震が増加しているが,火口近くの高温マグマによる後火山作用である
4.03	1日中	2		6270					低周波29回,他14回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									一時的にSO2や地震が増加しているが,火口近くの高温マグマによる後火山作用である
4.04	1日中	2		3600					低周波29回,他14回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									雲を破って,中規模の白い蒸気が南東斜面を流れ下った,大きな音がして山頂の溶岩が崩落した
4.05	1日中	2							震で見えず 低周波14回,他3回 夜間には山頂部がすかに赤く光る
									中規模の白い蒸気が山頂から100m上がり,南東斜面を流れ下った,現時点でも2~3万人が避難

雨量観測点はマヨン火山南東部のDuyuhan,他はPHIVOLCSのデータ