

# CCOP-AIST/GSJ-PHIVOLCS共催, 第4回火山災害軽減のための会議及び巡検参加報告

及川 輝樹<sup>1)</sup>・森 健彦<sup>1)</sup>・高田 亮<sup>2)</sup>

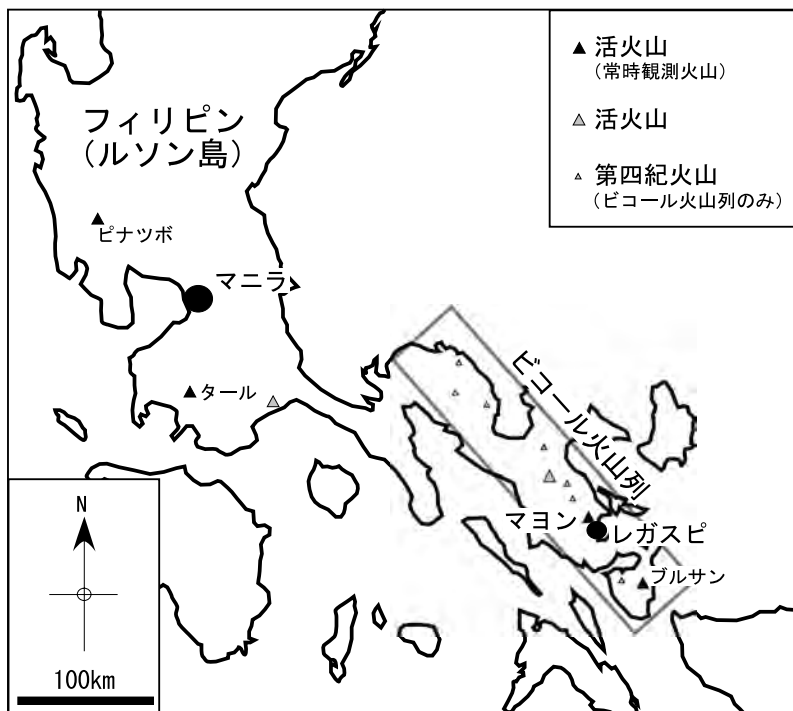
## 1. はじめに

フィリピンと聞いて皆さんはまず何を想うかかわるでしょうか? ダイビングそれともバナナ? 地質屋ならば, なんとといっても火山でしょう. ピナツボ, タール, マヨンなど活動的で著名な火山がたくさんあります. そのフィリピンにおいて, 「東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) 第4回火山災害軽減のためのワークショップ」が開催されました. 会議と現地討論会は2007年11月5日から10日にかけてマニラとレガスピにおいて行われました (第1図). この集まりは, アジア太平洋諸国が互いに噴火経験を共有化するため

2004年から開催されています. 今回は第4回目の最終回で, フィリピン火山地震研究所 (Philippine Institute of Volcanology and Seismology: PHIVOLCS) が現地組織開催者です. ホスト国であるフィリピンからは44名が参加し, インドネシアから2名, パプアニューギニアから1名, 日本からは3名が参加しました.

## 2. 会議

マニラのケソン市にあるPHIVOLCS (写真1) のホールにおいて, 6~7日の2日間, 会議が行われました. PHIVOLCSの所長とCCOPのプロジェクト・コー



第1図  
フィリピン・ルソン島南部の火山.

1) 産総研 地質情報研究部門  
2) 産総研 地質調査情報センター: 現 地質情報研究部門

キーワード: CCOP, フィリピン, 火山災害, マヨン火山



写真1 PIVOLCSの建物(左)と講演会会場(右)。



写真2 休憩時間(左)とその間に振舞われたおやつ(右)。

ディネータの挨拶の後、フィリピン全体の火山活動のモニタリングについての研究報告を皮切りに、フィリピンから9件、インドネシアから2件、パプアニューギニアから1件、日本から3件の報告が行われました。

フィリピンからは、2006-7年のブルサン火山の活動、マヨン火山における2006年噴火活動や超大型台風による2006年のラハール被害、マヨン火山の噴火史、フィリピンの諸火山の火山ガスモニタリングなどの報告がありました。また、インドネシアからはスラウェシ島のソプタン火山とカラゲタン火山の、パプア・ニューギニアからはガブナ火山の活動報告が行われました。日本からは、富士火山の最近2,000年間の活動史(高田)、口永良部島火山のSO<sub>2</sub>フラックス観測(森)、焼岳火山群の活動史(及川)の報告が行われました。

会場は南国式のもてなしでしょうか、クーラーが過

剰にかけてあり、半袖では寒いくらいでありましたが、熱心な議論が行われました。いずれの発表も興味深くありましたが、全体をとおして印象に残ったことは、少ない研究資源を最大限利用し、総合的に火山を理解しようとする各国の姿勢です。観測施設や人員に制限はあるものの、活動史や観測を有機的に組み合わせた火山活動評価や災害軽減にかかわる活動を積極的に行っていました。また、特に驚いたことは、ほとんどの火山に対して程度の差こそあれ火山活動シナリオが整備されており、それに対応するアラート・レベルが考えられていることでした。日本は大きく遅れをとっていると良いでしょう。この差の原因は、日本以外の各国の火山防災に関する予知や研究の機関が一元化されていることが大きな原因と思われますが、日本にも蓄積された膨大な研究資源があるのですから、総合的な火山活動の評価についてはまだ



写真3 PHIVOLCS入り口のミニ博物館。

まだ努力するべきです。

会議では、休憩時間毎に音楽がかかり、おやつが振舞われるフィリピン流(?)のもてなしが行われ、好評でした(写真2)。しかし、たびたび振舞われた美味しいおやつのおかげ、帰国後ちよっぴり体重も増えましたが。

1日目の研究報告が終了後、所内のミニツアーが行われました。PHIVOLCSの1階入口付近には、ミニ博物館が併設され(写真3)学校の見学などの際に使われているそうです。コンパクトでありながら、フィリピン

の火山・地震活動やPHIVOLCSの活動内容が端的にわかる良い展示でした。また、ちょっとした仕掛けもあり見た目も楽しく工夫されていました(写真4)。

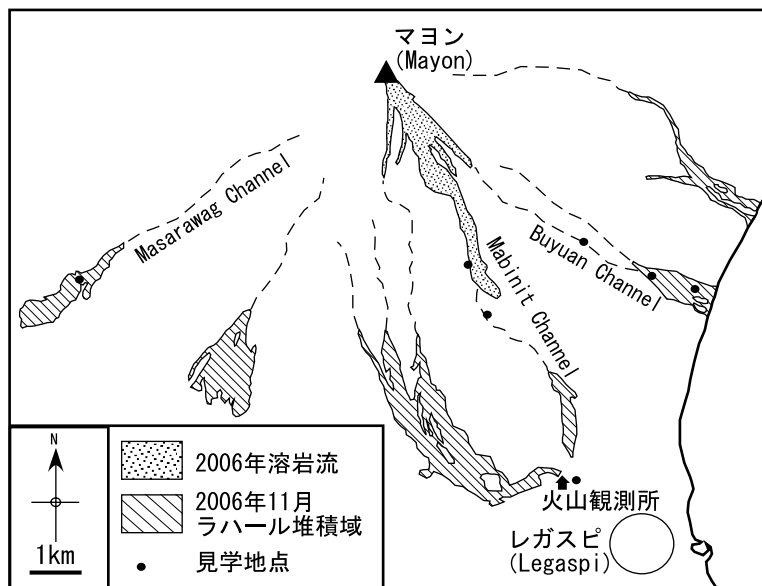
### 3. マヨン火山

現地討論会はマニラからマヨン火山麓のレガスピに移動して行われました。そのマヨン火山について現地討論会の案内書(Bornas *et al.*, 2007a)を基に簡単に紹介したいと思います。

フィリピンには最近1万年以内に活動をした22の活火山が存在し、そのうちピナツボ、タール、マヨン、ブルサン、カンラオン、ヒボック・ヒボックの6火山が常時観測火山です。マヨン火山はルソン島南東部のピコール火山列(第1図)にある活火山で標高2,460mあまり、直径20kmほどのほぼ完全な円錐形をした火山です。1616年以降、49回もの噴火が記録されて、7~12年間隔で噴火をしているフィリピン屈指の活火山です。噴火様式は、たいていはストロンボリ式噴火で、それに伴って火砕流・溶岩流を噴出させます。しかし、1814年にはプリニー式噴火の活動もありました。この噴火は歴史に残る最大級の噴火で、噴火に伴う火砕流(火砕サージを含む)・ラハールによって1,577人ものが亡くなりました。現在火山麓には100万人



写真4 見学者がくると火山を噴火させてくれる(左)、横ずれ断層の模型(右)断層を動かすと地震が起きる。



第2図  
見学地とマヨン火山2006年溶岩流、  
ラハール堆積物の分布域。Bornas *et al.* (2007a)を基に簡略化。

程度の方が住んでいます。

最近の噴火は、2000年～2001年と2006年に起きています。2000年2月～2001年7月の噴火は、ストロンボリ式噴火に伴い火砕流 ( $7.5 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) と溶岩流 ( $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) を流出しました。2006年7月～10月には、溶岩流流出の噴火が起こり、山頂火口から南側に6.4kmもの長さで溶岩流 ( $\text{SiO}_2$ : 53.85%) を流しました(第2図)。これは有史最大長の溶岩流流出であり、体積は  $8 \times 10^7 \text{ m}^3$  にもなります。その後、2006年11月には超大型台風レミン(ドリアン)の来襲のためラハールが広域に発生(第2図)し、600名以上の犠牲者、400名以上の行方不明者が出ました。この災害は超大型台風が急激に進路を西に変えたこと、多量の雨(12hで466mm)のため通常と異なる地域においてもラハールが来襲したこと、台風の強風と豪雨で住民は避難できず家にいたこと、風に対する警報は出ていたが雨に対する警報は出ていなかったことなどから犠牲者の数が増えたと考えられています。また、警報は地域の行政機関まではきちんと伝達されたが、停電のため通信手段が途絶え住民まで伝わらなかったことも報告されています(Daep, 2007)。情報が遮断された状態でありにも大きなラハールが起こったため、当初は噴火に伴うラハールと誤解されたそうです。実際は、ラハールの大部分は、マヨン火山上部を被う最近の火砕流堆積物が雨で流れることで発生したものと考えられています(Bornas *et al.*, 2007b)。最

近の噴出物は、火口の南縁が低くなっているためか、山体南側に集中しています。そのためか、ラハール被害も南側に限られています。

#### 4. 現地討論会

8日の早朝、マニラ空港を飛び立った飛行機は、右手に一瞬タール火山が見えた後、左手にルソン島南西部のビコール火山列の諸火山を望みながらレガスピに向かいました。そろそろレガスピに着くという頃、窓に鋭く尖った円錐の火山、マヨン火山が大きく見えてきました(写真5)。マヨンとはビコール語(この地方の言葉)で美しいという意味だそうです。まさに「マヨン」です。その姿に我々の興奮は冷めず、飛行機を降りた後は当然グループ写真(写真6)、その後も写真を撮り続け、とうとう空港職員に建物の中に入るように注意されました。ホテルに移動し朝食をとった後、元USGSのクリス・ニューホールさんを迎えマヨン火山の巡検に出発です。案内はPHIVOLCSのMa. Antoniaさんらです。フィリピンに来て驚いたことですが、この国では火山地質を専門とする人達がほとんど女性であることです。これは世界的にも珍しいことではないでしょうか。

今回の巡検の主な目的は、2006年11月のラハール被災地と最近の噴火噴出物の観察で、8日～9日の2日間にかけて行われました。初日はリグニョン・ヒル





写真5 飛行機から望むマヨン火山西麓。



写真6 飛行場からのマヨン火山と巡検参加者。



写真7 マヨン火山観測所(左)と巡検案内者および観測所所長(右)。



(Ligon Hill), マヨン火山観測所, 南東麓の泥流被災地 (Buyuan Fan) と 1819 年噴火堆積物, 2000 年火砕流堆積物, 2006 年溶岩 (Mabinit Channel) の観察を行いました。

その中腹に火山観測所のあるリグニョン・ヒルから見たマヨン火山は, 正面に大きく 2006 年の溶岩流が, その周囲に草地になっている最近の火砕流堆積物の分布域が観察されました。2006 年ラハール災害から 1 年が経っていますが, この展望台からも植生のない生々しいガリーや灰色の堆積物によって当時の被災地域がわかります。

次に観測所に立ち寄りました(写真7)。観測所はそれほど大きなものではありませんが, 入り口の部屋にミニ博物館があり, ビコール火山列とマヨン火山についての展示がありました。PHIVOLCS は普及活動に熱心なようです。このような活動は減災に直結するも

のなので, 見習わなければとの思いを強くしました。外には牛が草を食み, 猫が昼寝をするといったのどかな風景が広がります(写真8)。

次は Buyuan Channel から Buyuan Fan にかけての 2006 年ラハールの被災地において, 罹災状況と堆積物, 地形の観察を行いました。上流部で, ラハールの浸食域を観察した後, 下流の Buyuan Fan においてラハールの堆積域の観察を行いました。下流の Purok 2 と呼ばれる周辺では川と川の間で微高地に集落があり従来ラハールの罹災地域ではなかったのですが, 今回の大規模なラハールで 1-3m もの厚さの土砂によって埋められてしまいました(写真9)。ラハールは大きく 3 回この地域を襲ったことが観察されています。ガリーの壁に露出したラハールの層相は, 下部がデブリフロウ (debris flow), 上部がハイパーコンセントレイティッドフロウ (hyperconcentrated flow) の特徴



写真8 観測所で昼寝する猫。



写真10 ラハールで削割された砂防ダム、ダムにトラップされた堆積物と共に4m程度の深さで浸食された。



写真9 Buyan Fan, Purok2付近の被災状況。

を示していました。また、ラハール流下時の水位の上昇の跡が、ココナッツの木肌に残されています。この跡から、少なくとも堆積物の上より2m程度は水位が上昇したことが読み取れました。

一度昼食のため観測所にもどった後、午後の観察地点に出発です。ココナッツ・プランテーションの中を車で走り、水牛が草を食む脇を通りぬけ、Mabinit Channel沿いに最近の堆積物を観察しました。この谷も2006年のラハール災害発生(浸食)域で、浸食によって最近の歴史時代の堆積物が現れています。ラハールで削割された砂防ダム(写真10)を越えると右手に1814年の噴火堆積物が現れました。薄い降下火山灰の上にスコリア流堆積物が重なっています(写真11)。しばらくガリーの中を歩くと2006年の溶岩が見えてきました(写真12)。溶岩の左手は、2000年の火砕流堆積物です。キャベツのような礫がたくさん含ま



写真11 1814年噴火の堆積物。下位から細粒降下火山灰、火砕流堆積物(炭化木片が多数入っている)、降下軽石、ラハール堆積物からなる。

れるスコリア流堆積物で浅間火山の吾妻火砕流に大変よく似ています。この地点の火砕流堆積物は、2007年のラハール発生の際、より浸食に対して抵抗のある2006年の溶岩流の分布によって浸食を免れた部分であると考えられています(Bornas *et al.*, 2007a, b)。

夜は、地元のレストラン(Waway Restaurant)で会食です。この地方は魚介類の料理が有名だそうで、また



写真12 2006年溶岩。左のファン状の地形は2000年の火砕流堆積物。やしの木が生えている部分はキプカ。



写真13 マヨン火山南西麓 Masarawag Channel。ラハールで埋まった道路を掘り起こして利用している。



写真14 カグサワ教会跡付近の2006年ラハール被災地域とマヨン火山。山頂右下方向に流れ出ている大きな溶岩は、2006年の溶岩流。

フィリピン料理としては辛味が効いているものもあり、大変美味しく満足できました。後でガイドブックを読むと、この地域では美味しいことで有名なレストランだったようです。夕食後は、観測所に移りビールパーティ。初めは天気が良くマヨンの火映が見えるかと期待したのですが、その後雨が。残念ながら赤い光は見えずホテルに帰りました。

二日目は、南西麓 (Masarawag Channel) のラハール被災地の見学をしました。この地域は、ラハールで埋まった道路を掘り起こし、再利用しており、ラハールの断面が観察できます (写真13)。道路を掘り起こして再利用するのは防災上問題がありますが、そのため堆積物の断面が良く観察できるのも事実です。この地域を襲ったラハール堆積物は、ほとんどハイバ

ーコンセントレイティッド流堆積物として堆積したようです。ここでは何回ラハールが来たかが議論になりました。

最後に、1814年の噴火で埋まったカグサワ教会跡 (Cagsawa Ruins) の近くのお土産屋に寄りました。お土産では、皆が (特にインドネシアの人達が) Tシャツを大量に買ったため、思わぬ儲けの店主が大喜びでした。教会跡は時間がなくて訪れることはできませんでしたが、その周辺も2006年ラハールで多くの家屋が埋もれており、災害の深刻さを物語っていました。しかし、その向こうでマヨン火山は美しい姿を見せています (写真14)。その後、空港へ向かい現地討論会は終了です。離陸時にマヨンの美しい姿が一瞬見えた後、名残惜しさを振り切るように飛行機はマニラへ



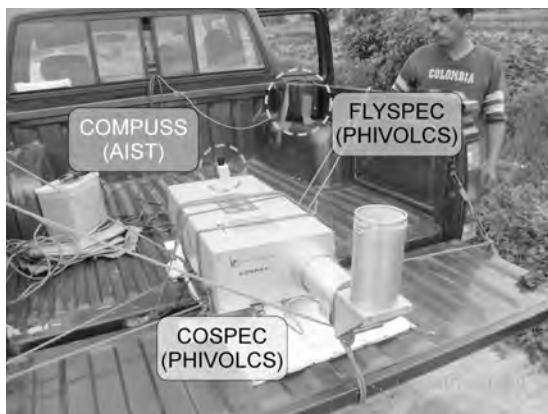


写真15 マヨン火山で行った観測風景。3つの計測機器を同時に稼働させ、それぞれの計測データを比較した。

と飛んで行きました。

## 5. マヨン火山における火山ガス(二酸化硫黄放出率)計測

PHIVOLCSのマヨン火山観測所(MVO)では、地震及び地殻変動観測などの定常観測網の整備が維持経費の不足から進んでおらず、地震の震源を決めることすら困難な状態です。その一方で、計測器と専従スタッフさえいれば観測を行うことが可能である火山ガス(二酸化硫黄放出率)計測は高頻度で行われています。これは、日本の火山観測所が抱えている問題とは対照的であり、MVOのスタッフからは「俺が日本の火山を観測するから、マヨンにお金を出してくれ」と冗談とも本気ともつかない言葉を頂きました。

今回、筆者の一人である森は、マヨン火山における二酸化硫黄放出率を計測する機会に恵まれ、CCOPの会議・現地討論会の後、PHIVOLCSのMr. CelestinoとMiss Ma.Carmencita(マニラ在駐)及びMr. Alejo(マヨン火山観測所在駐)と共にマヨン火山において観測を行いました。マヨン火山における観測は主にMr. AlejoがCOSPECを用いて行っています。あとの二人はフィリピンの全火山の観測に関わっており、各観測所の専従スタッフを補佐する役割を担っているそうです。また、Mr. CelestinoはUSGSにおいて新しい二酸化硫黄放出率計測装置であるFlySpec(Horton *et al.*, 2006)の計測トレーニングを受けて帰国したばかりであり、PHIVOLCSにおける測定機器

の更新を進めている所です。

観測では、PHIVOLCSのCOSPEC及びFlySpec、そして筆者が日本から持ち込んだCOMPASS(Mori *et al.*, 2007)の三台を同時に稼働させ、測定機器間のデータ比較も行いました(写真15)。PHIVOLCSは、導入から30年近く経過しているCOSPECに基準濃度セルの経年劣化、FlySpecに初期不良の問題を抱えていたので、両機器のデータと日本のCOMPASSとの測定値を比較することは、彼らの測定データを精度向上させるためにもいい機会であったようです。

二酸化硫黄放出率測定はトラバース法を用いて、午前と午後計5回行いました。二酸化硫黄放出率の計測は紫外線を利用して行っており、日本のような中緯度地域では、紫外線強度が最も強く強度の変動がほとんどない正午前後を狙って行っています。しかし、フィリピンのような低緯度地域では南中高度が高いため、正午頃の測定では太陽光が直接入射し、紫外光強度のコントロールが難しくなります。そのため、午前8時頃～10時過ぎ及び14時過ぎ～16時頃までの時間帯で彼らは測定を行っています。この計測可能な時間帯であっても、亜熱帯地域ゆえの天候変化が激しく、それまで青空であった上空が突如厚い雲に覆われるといった状況にも見舞われました。そのため、トラバース測定に要する十分程度の間には紫外高強度がゼロ近くまで落ち込むことが起こり、低緯度地域における計測の難しさを改めて実感しました。

解析を行える精度を保ったデータは午前に1回、午後に1回であり、COMPASSによって計測された二酸化硫黄放出率は700ton/dayと1,200ton/dayでした。この値は最近の桜島火山における二酸化硫黄放出率とほぼ等しいです。2006年の活動期におけるマヨン火山では10,000ton/dayを超える放出率が記録されていましたが、現状は定常レベルである500ton/day近くにまで落ち込んできています。同時に計測を行ったFlySpecは機器トラブルに見舞われ、データ解析にまで至りませんでした。一方、COSPECは計測中の最大濃度がCOMPASSより20%程度大きくなりました。このことから、COSPECの標準セルが劣化している事が明らかです。このような標準セルの劣化は日本のCOSPECでも見られており、濃度の減少率も同時期に製作された日本のCOSPECとほぼ同じでありました。

今回の合同観測において、低緯度地域の火山にお



ける測定の難しさを感じると共に、彼らの測定法が最善であるのだろうかという思いも抱きました。おそらく、USGSから指導を受け、解析プログラムの関係からトラバース法を選んでいっているのですが、道路網が日本ほど発達しておらず、自動車の燃料経費を捻出することも大変な場合、トラバース法よりもパンニング法と呼ばれる固定点からの測定法を選んだ方が得策でしょう。また、パンニング法ならば、噴煙をスキャンする時間が1分程度で済み、紫外光強度の変動にも柔軟に対応できます。唯一の問題点が紫外光散乱による放出率の過小評価だけですが、この問題は将来的に解決できます(Mori *et al.*, 2006)。彼らに様々な測定技術・解析技法が学べる機会さえあれば、今以上の高精度なデータが取得できると思われます。このような、新しい測定技術・解析技法が学べる機会をPHIVOLCSに限らず、CCOP加盟国で火山観測を業務とするスタッフに与えることが出来るならば、それぞれの火山における噴火予知精度を高めていくことが可能になると感じました。

研究成果を議論する機会も重要であるが、観測に基づいた研究を行う立場としては、実際に現地スタッフと共同観測を行い、測定データ精度を高めるためには何が必要であるかを実際のデータに基づいて、火山観測の現場で議論を進めていくことが何よりも重要であるように感じました。

## 6. 最後に

今回のワークショップは、PHIVOLCSや鉱山地球科学研究所の方々が組織だった行動をしており、大変効率よく行えました。この場を借りて、現地組織者にお礼を述べさせていただきます。

アジア地域は人口密集地域にあり、インフラの整備の程度や土地利用の状況が異なる様々な地域に活動的な火山があります。そのため各国において火山と

共存しつつ減災を行うかはきわめて重要な課題であると思われます。しかし、それぞれの国に特有の問題が数多く存在するのも事実です。本ワークショップのような情報交換や研究協力は、火山活動研究とより有効な減災活動を推進させる大きな原動力となり大変重要であると考えられます。このワークショップを通して培われた研究機関・研究者間の人的ネットワークが、火山災害の軽減に有効に働くことを期待いたします。

## 文 献

- Bornas, A., Mirabueno, H. T., Mabelline T. and Cahulogan, M. T. (2007a) : Mayon Volcano after Supertyphoon Reming: Fieldwork Guide. Fieldwork Guide of CCOP-AIST/GSJ-PHIVOLCS Field Workshop for Volcanic Hazard Mitigation, p28-44.
- Bornas, A., Arpa, C. B., Daag, A.S., Reyes, P. J. D., Laguerta, E. P., Raymond, P. R., Mirabueno, H. T., Perez, J. S. and Solidum R. U. Jr. (2007b) : The 2006 supertyphoon Reming Lahars of Mayon Volcano, Philippines. Abstracts of Cities on Volcano 5(Shimabara), 21a-O-11, p.110-110.
- Daep, C. D. (2007) : Civil Defense Disaster Preparedness and Response to Mayon Lahar Typhoon Reming. Abstracts of Cities on Volcano 5(Shimabara), 21a-O-12, p.110-111.
- Horton, K. A., G. Williams-Jones, H. Garbeil, T. Elias, A. J. Sutton, P. Mougini-Mark, J. N. Porter and S. Clegg (2006) : Real-time measurement of volcanic SO<sub>2</sub> emissions: Validation of a new UV correlation spectrometer (FLYSPEC), Bull. Volcanol., 68, 323-327, doi:10.1007/s00445-005-0014-9.
- Mori, T., Mori, T., Kazahaya, K., Ohwada, M., Hirabayashi, J. and Yoshikawa, S. (2006) : Effect of UV scattering on SO<sub>2</sub> emission rate measurements, Geophys. Res. Lett., 33, No. 17, L17315, DOI: 10.1029/2006GL026285.
- Mori, T., Hirabayashi, J., Kazahaya, K., Mori, T. and Ohwada, M. (2007) : Use of a COMPact Ultraviolet Spectrometer System (COMPUSS) for monitoring volcanic SO<sub>2</sub> emission: Validation and preliminary observation, Bull. Volcanol. Soc. Japan, 52, 105-112.

---

OIKAWA Teruki, MORI Takehiko and TAKADA Akira (2008) : Report of The Final Field Workshop for Volcanic Hazard Mitigation, CCOP-AIST/GSJ-PHIVOLCS, Philippines.

---

<受付: 2008年2月7日>