

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 25 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21401005

研究課題名（和文）フィリピン共和国，イロシカルデラの火山・地熱活動史に関する日比共同研究

研究課題名（英文）Collaborative study between Japan and Philippine on volcanic and geothermal history of Irosin caldera, south Luzon, Philippine

研究代表者

奥野 充 (OKUNO MITSURU)

福岡大学・理学部・教授

研究者番号：50309887

研究成果の概要（和文）：

イロシカルデラはルソン島南端にあり，ブルサン火山はその後カルデラ火山である．この研究は，同国の PHIVOLCS と共同で，イロシン火砕流噴火とその後の火山活動史の解明を試みた．イロシン火砕流は2つにユニット区分され，プリニー式の降下軽石と co-ignimbrite ash もある．この噴火直前に溶岩ドームと火山灰層が形成された．これらにはカミングトン閃石が含まれる．カルデラ内のコア試料には流紋岩質－安山岩質火山灰が挟在し，1枚はイロシン火砕流に類似する．ブルサン火山は，最近でも水蒸気噴火を起こし，火山灰に石膏が含まれる．周辺温泉のほとんどは，表層水が加熱された蒸気加熱型である．

研究成果の概要（英文）：

Irosin caldera is located at the southeastern end of Luzon Island, Philippines. Bulusan volcano is a post-caldera cone. To reveal the sequence of the Irosin caldera eruption and the eruptive history of post-caldera volcanism, we conducted a collaborative project with PHIVOLCS. A small lava dome and ash-fall deposits were erupted as forerunners of the main caldera-forming eruption. The first stage of the caldera eruption was the plinian, which occurred shortly before the main ignimbrite eruption. The second stage of the eruption was the formation of the Irosin ignimbrite which can be divided into two units; the lower fine unit and the upper coarse unit. The fine rhyolitic ash-fall deposit exposed in the summit crater of Inascan cone 80 km from the caldera is regarded as a co-ignimbrite ash-fall associated with the Irosin ignimbrite. Cummingtonite phenocrysts were identified in the Irosin ignimbrite and related deposits. Cored sediments obtained from the caldera are composed mainly of lahar deposits. Rhyolitic to andesitic ashes are intercalated with the sediments. One of them has similar petrographic characteristics with the Irosin ignimbrite. Recent volcanic ash from Bulusan volcano is composed of accessory materials, which involves gypsum. Chemistry and isotopic composition of hot springs distributed around Bulusan volcano suggests that all of the hot springs are dominant in  $\text{HCO}_3$  suggesting a steam-heated type of water.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2010年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2011年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	11,200,000	3,360,000	14,560,000

研究分野：人文学 D

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：イロシン, カルデラ, 年代測定, 地熱変質, 噴火史, ボーリング掘削, テフロクロノロジー, 火砕流

### 1. 研究開始当初の背景

(1) フィリピン諸島の火山活動は沈み込み帯と関連しており、西側にはマニラ海溝、東側にフィリピン海溝、南西にネグロスス海溝、南にコタバト海溝がある。テクトニクスは非常に複雑であり、火山の分布も 10 の火山列が識別される。フィリピン国内には 400 以上の火山があり、そのうち 22 個は活動的火山 (active volcano) で、潜在性活動的火山 (potentially active volcano) も 27 個存在している (PHIVOLCS, 2002)。20 世紀だけでも、およそ 2800 人の人命が火山噴火によって失われている (Catane *et al.*, 2005)。火山噴火の様式・規模・年代の解明は、火山学の基本的課題であると共に、噴火災害の防止・低減のための基礎資料にもなる。しかし、これらの噴火史については、 $^{14}\text{C}$  年代などの数値年代がほとんど得られておらず、噴火年代も明らかでない。22 の活火山の中で、Leonard 火山のみが放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代測定によって年代が判明したもので、その他の 21 の活火山については歴史時代に噴火したものである。また、潜在性活動的火山は、具体的な噴火活動の証拠が明らかでないものの、文字通り活動的であると推定される火山である。このような状況のため、数値年代に対するフィリピン側からの要望は非常に強い。

(2) 日本では、町田・新井 (1976) の始良 Tn (AT) 火山灰の発見に始まる一連の広域テフラに関する研究によって、日本列島全域を網羅するカタログ「火山灰アトラス」(町田・新井, 1992, 2003) が出版されている。しかし、世界的にみると、特に発展途上国においては、人口の密集地域に近接して火山が存在する場合でも、その噴火履歴の研究は歴史時代の噴火に限られて、中・長期的な視野に立った研究はほとんどなされていない状況である。フィリピンについても同様の問題点が指摘でき、1991 年に大噴火したピナツボ火山ですら、過去の噴火に関する基礎データがほとんどなかった。

### 2. 研究の目的

(1) この研究の対象は、東フィリピン火山弧 (East Philippine Volcanic Arc) 北部に位置するイロシンカルデラである。申請者らは、地熱現象や自然環境に対する影響を含めてイロシンカルデラの火山活動史を解明する。イロシンカルデラにおける最新の火砕流の

噴出は約 4 万年前であり (Mirabueno *et al.*, 2007)、後カルデラ丘であるブルサン火山が盛んに活動している (Delfin *et al.*, 1993)。

(2) これらのイロシンカルデラ起源のテフラについて詳細なカタログを作成する。地形・地質調査と同カルデラ底の埋積堆積物のボーリングコアを解析し、カルデラ形成後の活動史と環境変遷史を同時に解明する。火山活動史は地熱活動も含めて編年し、中・長期的な火山活動度を総合的に評価する。

(3) 将来、このような火砕流がマニラ首都圏に直接到達する可能性は低い、火砕流に伴う降下火山灰 (co-ignimbrite ash-fall deposit) などによって被害を受ける可能性は高い。さらに広域テフラの研究は、考古学や地形学などの関連分野への年代学・編年学的波及効果も期待できる。さらに噴火史研究をフィリピン側の研究者と共に持続的に展開できる体制を確立し、同国の防災行政にも寄与することも目指す。

### 3. 研究の方法

(1) イロシンカルデラを形成した火砕流噴火およびブルサン火山の噴火史を解明するため、現地調査およびボーリング掘削を行い、採取試料の室内分析を実施した。研究代表者の奥野は、火山地質学的調査と  $^{14}\text{C}$  年代および TL 年代測定を主体的に実施し、フィリピン側の研究者との情報交換や交渉などを通してこの研究を統括した。カルデラ内外においてボーリング掘削を行い、コア試料を採取した。

(2) 研究分担者・連携研究者・研究協力者も現地における野外調査に参加し、以下のような役割を分担した。分担者の小林哲夫は火山地質学的研究にもとづく火山とテクトニクスとの関連性の検討だけでなく、蛍光 X 線分析装置 (XRF) を用いた全岩化学組成も測定した。また、田口幸洋は地熱地質学的調査および分析を担当した。その一環として、周辺から湧出する温泉や河川水などの化学分析も行った。 $^{14}\text{C}$  年代測定に中村俊夫 (名古屋大学・教授) が、TL 年代測定に高島 勲 (秋田大学・名誉教授) が、地形分類図の作成に守屋以智雄 (金沢大学・名誉教授) が、連携研究者として参加した。守屋は火山地形学の第一人者であり、この研究で対象とする

イロシンカルデラだけでなく、フィリピン国内の火山の地形発達史を網羅的に整理し、同カルデラのフィリピン諸島における位置づけを行った。さらに、研究協力者として鳥井真之（熊本学園大学・非常勤講師）と藤木利之（国際日本文化研究センター・研究員）が参加した。鳥井は電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いた岩石記載学的データの収集を、藤木は花粉分析による古環境復元を担当した。ただし、採取試料からは花粉化石は検出できなかった。

#### 4. 研究成果

(1) イロシン火砕流堆積物は、2つのユニットに区分される。火砕流噴火に先行するプリニー式降下軽石も認められ、その下位には先駆的な噴火によるガラス質火山灰が認められた (Kobayashi *et al.*, 投稿準備中, 地学雑). また、同カルデラから北西約 60 km 離れたイナスカン・スコリア丘で、co-ignimbrite ash-fall と考えられる細粒ガラス質火山灰を発見した (Mirabueno *et al.*, 2011, *Quaternary International*). さらに、この火砕流や関連する降下火山灰について、32~47 ka の熱ルミネッセンス (TL) 年代も得ている (Takashima and Kobayashi, 投稿中, 地学雑). これらの一連の火砕堆積物は、カミングトン閃石を特徴的に含む (檀原ほか, 投稿中, 地学雑). 火山ガラスの SiO<sub>2</sub> は約 77% である。これらの特徴は今後の広域対比に有効であり、時間指標層として役に立つことが期待できる。

(2) ブルサン火山は、カルデラ形成後に誕生した後カルデラ火山である。カルデラ底の 2 箇所 (BH-2, -3) から、どちらもコア深度約 50m までのコア試料を得た。これらは、ほとんどがラハール堆積物からなるが、流紋岩質火山灰が 8 枚、安山岩質火山灰が 1 枚、認められた (Mirabueno *et al.*, 投稿中, 地学雑). このうちの 1 枚は、イロシン火砕流堆積物に類似した岩石記載学的特徴をもつ。これは、イロシン火砕流堆積物の再堆積である可能性もあるが、ブルサン火山と並行してイロシンカルデラと同質のマグマが活動した可能性を示唆する。南九州でも、始良カルデラが桜島火山の活動開始後にも小規模な活動を行っていたことが知られており (例えば、小林, 1986 など)、その類似例としても興味深い。

(3) ブルサン火山は、最近でも水蒸気噴火を起こしており、それらを口絵写真として速報した (Okuno *et al.*, 2011, 地質雑). これらの噴火による火山灰から本質物質は検出できなかったが、XRD 回折により火山灰の中に石膏が認められた。これは、細粒火山灰と火山ガス (水や二酸化硫黄) により生じたと考

えられる。また、この火山の周辺から湧出する温泉は、地下深部で熱水変質鉱物と十分に反応して化学的平衡に達した中性で NaCl 型の深部熱水ではなく、表層水が加熱された蒸気加熱型の温泉がほとんどであることがわかった (Taguchi *et al.*, 投稿準備中, 地学雑).

以上の成果のほとんどは、「地学雑誌」の特集号の構成論文として公表する予定であり、それぞれの論文の査読を進めている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

① 奥野 充, テフラ編年学の多様な役割: フィリピン, 中国, 韓国, 日本, アリューシャン列島の研究例, 第四紀研究, 査読有, 51 巻, 印刷中.

② Okuno, M., Laguerta, E.P., Delos Reyes, P.J., Bornas, M.A.V., Mirabueno, M.H.T., Arpa, M.C.B., Bariso, E., Solidum, R.U.Jr., Taguchi, S., Torii, M. and Kobayashi, T., Eruptions of Bulusan Volcano since November 2010, *The Journal of the Geological Society of Japan*, 査読有, 117 巻, 2011, XIV-XIV.

③ Mirabueno, M.H.T., Okuno, M., Torii, M., Danhara, T., Laguerta, E.P., Newhall, C.G. and Kobayashi, T., The Irosin co-ignimbrite ash-fall deposit: a widespread tephra marker in the Bicol arc, south Luzon, Philippines. *Quaternary International*, 査読有, Vol. 246, 2011, 289–295.

[学会発表] (計 3 件)

① 奥野 充・Mirabueno, M.H.T.・Laguerta, E.P.・Delos Reyes, P.J.・Bornas, M.A.V.・高島 勲・鳥井真之・檀原 徹・小林哲夫, フィリピン, イロシンカルデラとブルサン火山の噴火史研究, 日本地理学会 2012 年春季学術大会 (首都大学東京), 2012 年 3 月 28 日.

② Mirabueno, M.H.T., Okuno, M., Nakamura, T., Torii, M., Danhara, T., Laguerta, E.P., Newhall, C.G. and Kobayashi, T., The Irosin co-ignimbrite deposits: discovery of a widespread tephra in the Philippines. International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity “Active Tephra in Kyushu, 2010” (Kirishima City, Kagoshima, Japan), 2010 年 5 月 11 日.

③ Mirabueno, M.H.T., Okuno, M., Nakamura, T., Danhara, T., Laguerta, E.P., Newhall, C.G. and Kobayashi, T., AMS radiocarbon dating for the Irosin ignimbrite and co-ignimbrite ash-fall, southern Luzon, Philippines. *20th International Radiocarbon Conference (Big Island, Hawaii)*,

2009年6月2日.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥野 充 (OKUNO MITSURU)  
福岡大学・理学部・教授  
研究者番号：50309887

(2) 研究分担者

田口 幸洋 (TAGUCHI SACHIHIRO)  
福岡大学・理学部・教授  
研究者番号：00108771

小林 哲夫 (KOBAYASHI TETSUO)  
鹿児島大学・大学院理工学研究科・教授  
研究者番号：70112430

(3) 連携研究者

守屋 以智雄 (MORIYA ICHIO)  
金沢大学・文学部・名誉教授  
研究者番号：50052494

中村 俊夫 (NAKAMURA TOSHIO)  
名古屋大学・年代測定総合研究センター・  
教授  
研究者番号：10135387

高島 勲 (TAKASHIMA ISAO)  
秋田大学・工学資源学部・名誉教授  
研究者番号：50163192