

東南アジアの火山研究－京大の海外貢献

石原和弘

(京都大学防災研究所附属火山活動研究センター)

◎火山研究に関する日本と東南アジアの関係

東南アジアは、いくつものプレートが複雑に絡み合い、世界で最も火山活動の活発な地域であり、インドネシア、フィリピン、パプアニューギニアを中心に2億人以上の人々が火山の脅威にさらされている。とりわけ、インドネシアの1815年タンボラ火山、1883年クラカタウ島の噴火及び1991年のピナツボ火山の噴火は、火山体を破壊して数10～数100km³の噴出物を噴き上げ、カルデラを形成した巨大噴火である。

これらの国々の火山研究は、第2次世界大戦前はオランダ等宗主国の研究者が中心となって取り組まれたが、独立後は、日本及び欧米を中心に世界各国が火山研究に取り組んでいる。日本、特に京都大学とインドネシアとの共同研究を中心に解説する。

1940年代

- ◆木沢綏：ラバウルカルデラの地震観測、日本軍占領中にウィーヘルト地震計を設置、火山観測を行う(1960年京大で学位取得)

1960年～1980年代

- ◆建築研究所：国際地震工学研修コース実施
一火山関係の人材も育成(インドネシアでは修士相当の待遇)
- ◆東大下鶴大輔他：メラピ火山の火山性地震の分類(VSI)
- ◆北大横山泉他：クラカタウ等の研究(VSI)
- ◆京大西村進他：テクトニクス研究(LIPI地質工学開発研究センター)、
人材育成：博士2名－メラピ山の構造の研究等
- ◆京大安藤雅孝他：フィリピン・タール火山研究(PHIVOLCS)
人材育成：博士1名－ピナツボ火山の火山性地震の研究

1990年代

- ◆JICA：火山学・火山砂防工学研修コース開始(1989年度～)
人材育成：約40名の東南アジア研修生
- ◆京大防災研：インドネシア火山調査所(VSI)と共同研究
- ◆北大：フィリピン火山・地震研究所(PHILVOLCS)と共同研究

◎防災研究所とインドネシアとの共同研究の経緯

1988年7月：鹿児島国際火山会議宣言：PHIVOLCS所長Punongbayan等が日本での「火山学研修コース創設」を提案

1989年：IDNDR準備会議：VSI所長Sudradjat、PHIVOLCS所長Punongbayan、加茂教授打合せ「共同研究の枠組み：VSIと桜島火山観測所、PHILVOLCSは防災研地震グループ」

1991(～1993)年：IDNDR特別事業「東アジアにおける自然災害の予測と制御に関する研究」(防災研究所)

1991年9月：共同研究実施の予備調査のためインドネシア訪問（石原）

【目的】共同研究相手先選定・協定締結の下工作、共同研究の対象火山の選定、大学・研究調査機関の組織・スタッフ等及び、国外との共同研究等実施状況の調査

【案内・紹介】西村進先生、Suparto S.博士(VSI：東海大博士)

【訪問先】地質鉱物資源総局、LIPI、東南ア研事務所、日本大使館、JICA 事務所、LIPI 地質工学開発研究センター、VSI、バンドン工大、ガジャマダ大学、及びジャワ島・バリ島の 15 火山観測所

【講演等】VSI（桜島・雲仙岳）、地質工学開発研究センターシンポジウム（桜島）

○共同研究の相手を VSI とした。

理由：大学等は継続的な野外観測の実施が困難であるのに対して、VSI は全国に 60 余の火山観測所を設置している。また、地質学、岩石学、地震学、地球物理学等の研究者を多数擁している

○共同研究対象火山候補：

①Guntur 山

理由：VSI 本庁のあるバンドンから近い、地震活動レベルが高い、噴火による被害の社会的影響大、観測員の資質高い等

②Merapi 山

理由：活動が継続的に活発、火砕流頻発が頻発して噴火様式の多様性の研究に適當である。また、50 名余を擁するメラピ火山観測所は、米、仏との地震、地磁気、火山ガス等共同研究を実施している。他方、地殻変動や噴火機構の観測研究は不十分で、傾斜計、低周波マイクロホン等を用いた観測研究に貢献する余地がある。

1992年：VSI から研修生 (M. Hendrasto) ・国費留学生 (Ony K. Suganda) 受入、11 月加茂教授インドネシア訪問

1993年：S. Modjo 火山局長（3 月）W. Tjetjep 火山解析部長（7 月）来訪
7～8 月：京大・東大・東工大の合同チームが火山調査

1994年（～1998）：「中国及びインドネシアにおける自然災害の予測と防御に関する国際共同研究（文部省特別事業）」

7 月：鉱山エネルギー省地質鉱物資源局長と田中寅夫防災研究所長の間で「インドネシアの火山物理とテクトニクス研究」に関する協定締結

10 月：インドネシア大蔵省令改正（関税免除の国際機関に京大を追加）

—これ以前は観測機器の通関に四苦八苦、UNESCO 橋爪道郎博士らの世話になる

1998, 2003, 2008：5 年ごとのレビューのためのシンポジウムを開催（VSI・防災研主催）
2008 年のシンポジウムでは、アメリカ、フランス、ベルギー、ニュージーランド、フィリッピン、シンガポール等も参加

◎インドネシア火山調査所 (VSI) (職員約 400 人、1920 年創立)

1920 年、オランダ統治時代に設立された地質調査所に火山担当部署が 1970 年代に火山局 (Volcanological Society of Indonesia) として独立し、2001 年には火山学・地質災害軽減局へと改組され、火山噴火・災害予測に加え、地滑り災害と地震災害に関する調査と評価も分担することとなった。

○観測体制（1991 年当時）：

・メラピ山では、VSI が米国地質調査所 (USGS) ・ペンシルバニア州立大学、フランスの援助・協力で地震観測・地磁気観測、光波測量、火山ガス観測等を実施 (Sudradjat 総局長：メラピ火山観測所は世界一と豪語)

・ケルト火山では、火口湖の温度・電気伝導度等の観測 (フランス)

・その他の約 70 火山は上下動地震計 1 台 (勝島製作所の地震計→米国製に移行中)

○研究員（1991 年当時）：

・国際地震工学研修コース修了した 40 歳以上が中核を占める一方、30 歳代はフランス、

オーストラリア、ニュージーランドに留学中・学位取得。世代交代時期。

- ・1993年にはフランスで学位を取得した Wimpy Tjetjep が 40 歳で所長に就任。

○火山監視調査機関としてのレベル（1991年当時）：

- ・観測員：全国約 60 か所に観測所配置（職員 2～3 名）。ほとんどの火山では地震計上下動 1 台と表面活動の観測であるが、地震記録の検測、火山活動評価能力は高く、使命感もつよい。各観測所の入りロロビーには、ハザードマップ危険区域の色付けした火山の立体模型、噴火史と写真、火山性地震の記録と発生頻度の変化等が掲示され、地域の小中学生の教育にもあたる。
- ・地質図・ハザードマップ作製済み、噴火予知・防災・情報発表に関する実績と能力は日本に比べてはるかに高い（1980年代から噴火の予警報実施）

◎火山活動のレベルに関する規定

インドネシアは、1970年代に地質調査所から独立した火山調査所（VSI）が火山の監視、警報の発表等による火山災害の軽減に取り組んできた。その結果、いくつかの大規模な噴火について直前に警報を発令し、住民を避難させた実績を積み上げてきた。

それらの経験をもとに、1996年 Wimpy Tjetjep 所長により、火山活動のレベルと VSI の対応及び行政対応と住民避難等に関する規定が定められた。

その概要は以下のとおりである。

火山活動のレベルに関する規定

レベル	現地観測所員の対応	本庁の対応	現地への派遣
Level I Aktif Normal	毎日地震回数等を 2 回本庁へ通報	無線技士が担当課長 へ報告	課長級職員、あるいは 研究者が定期巡視
Level II Waspada（注意） “位置について”	観測所員全員が 24 時 間待機、時間外にも通 報	担当課長が評価、結果 を火山災害軽減委員 会へ通知	研究者（機動班）を派 遣、関係機関へ通知
Level III Siap（警戒） “用意”	観測所員全員が 24 時 間待機、24 時間体制 で本庁との連絡を維 持	部長が評価、関係機関 へ通知	課長級職員を派遣、関 係機関へ通知
Level IV Awat（避難） “ドン！”	観測所員全員が 24 時 間待機観、24 時間体 制で本庁との連絡を 維持	所長が総括評価、 関係機関へ通知	部長級職員、あるいは 所長が現地駐在

* 観測所と本庁（バンドン）無線、本庁には無線技士が 24 時間待機

* 1982 年ガルングン噴火を契機に、観測の連絡は短波所員には課長級の特別手当支給

* 緊急時には観測所員でもレベル変更ができる

（日本では、気象庁が 2007 年 12 月から噴火予警報を業務として開始）

◎VSI に提案した共同研究・協力の内容（1991 年）

大きな経費がなくても、継続的にできそうなことを中心に提案した。

○人材育成

- ・ JICA の火山学・火山砂防研修コース
- ・ 文部省国費留学生の受け入れ
- ・ 日本からの派遣・日本への研究者招へい

→2009年までに約20名の研修生と7名の国費留学生（修士3，博士4）受け入れ（別途東工大修士1，東大修士1，鹿児島大博士1）、約20名の招へい：日本からも毎年派遣

○観測・解析技術の移転

- ・Guntur 山等での地震、地殻変動観測
- ・データロガーによる多点地震観測の実施、震源決定、発震機構等の解析手法
- ・水準測量、光波測量、火山ガス等の測定の精密化

→研修生・留学生に観測指導を行うとともに、研修生・留学生がインドネシアのデータ持参し、研究を実施。

成果1：データロガーを使った火山性地震の観測調査

1994年研修生 Gede Suantika が観測員指導、1995年に持ち込んだデータロガーで7火山の震源、発震機構を決定（1998年当時）。その後、データロガーを用いた観測は VSI の標準的な地震観測法として定着

成果2：傾斜計によるメラピ山の噴火前兆捕捉

1995年の傾斜変化と11月22日の火砕流発生（井口、2003）。火口から0.2~1.6kmに4か所傾斜計を設置、マグマが漸次上昇する過程を捕捉

成果3：傾斜計による Semeru 火山の噴火機構

火山活動の活発化に伴う山頂部の地盤の隆起、及び個々の小爆発に対応する微小な傾斜変化を捕捉

成果4：2007年11月の Kelud 火山の溶岩ドーム出現過程

京都大学で研修，大学院を修了したスタッフが中心となって，地震観測，傾斜観測等を行い，噴火に至る過程を的確にとらえ，住民避難と避難解除を適切に行った。

◎今後について

○火山観測技術の移転、人材の育成は一応の成果を見た一留学生、研修生が火山の観測・研究で活躍。今後は、日本の大学等の若手研究者や気象庁火山担当職員の研究・教育の場としての活用も図りたい。

○欧米各国の関心が高まっている（アメリカ、ドイツ、フランス、ベルギー、イタリア、ニュージーランド、オーストラリア等欧米各国）。我が国で研修，教育を受けたスタッフが幹部級ポストの半分近くを占め，中心となって対応している。他方，我が国で教育を受けた世代も今後10年のうちに第一線を退くことになる。引き続き，研修コース・国費留学生等を活用した人材育成と共同研究を続けることが，国際貢献及び我が国の火山の研究・教育にとっても重要である。インドネシア側も多数の活火山を有する先進国である日本への期待も大きい，

○インドネシアから学んだ、学ぶべきことも多い。ハザードマップ・リスクマップ、噴火予警報、火山防災体制等。