

## 研究ノート

### ジャワ島中部ムラピ火山の火砕流堆積地における農地復興過程

芝 田 篤 紀 \*

#### The Reconstruction Process of Farmland in Pyroclastic Flow Sediment Areas at Merapi Volcano, Central Java Island

SHIBATA Atsuki\*

The Merapi volcano in Indonesia has previously been studied in various fields as a typical active volcano in Asia. However, few studies have clarified the reconstruction process of agricultural land in the pyroclastic flow disaster area with a focus on both space and time. This study examined the reconstruction process of farmland damaged by pyroclastic flows of the Merapi volcano in 2010 in terms of changes in the lives of the local people. Changes in agricultural land and people's life as a result of pyroclastic flow damage were investigated by observation and interviews with local people. Damage by pyroclastic flow was found to be attributable to two causes: pyroclastic surge and direct pyroclastic flow. The pyroclastic flow sediments associated with these different types of damage were removed respectively by “mining” and “cleaning.” Further, the different removal methods were shown to affect the crop species planted in the farmlands. This study also suggested that the type of pyroclastic flow sediment significantly influenced the occupations and income of the local people.

#### 1. は じ め に

火山噴火に伴う現象のひとつで、大きな被害をもたらすものに火砕流がある。高温のガスと共に高速で火山砕屑物が降りかかる火砕流は、発生時の人的被害と同時に、地域に壊滅的ダメージを与え、生活環境を一変させる。そして火砕流が通過した後は、植物なども一掃された、火山砕屑物のみが堆積する土地、すなわち、火砕流堆積地となる。

近年の最も甚大な被害のひとつが、インドネシア共和国ジャワ島中部に位置する、標高約 3,000 m のムラピ<sup>1)</sup> (Merapi) 火山で発生した火砕流によるものである。2010 年 10 月下旬から噴火活動が活発になり、11 月 5 日、最大の噴火の際に火砕流が発生した。この火砕流は、

---

\* 京都大学大学院文学研究科, Graduate School of Letters, Kyoto University

2018 年 8 月 28 日受付, 2019 年 6 月 25 日受理

1) 「メラピ」とも書かれるが、本稿では国土地理院の表記に準ずる。

火山の南斜面を流下し、山頂から約 15 km 地点にまで達した [植野・Utono 2011]。そして、時速およそ 100 km で下った火砕流の被害は広範囲に及び、当地域の住民生活に深刻な影響を及ぼした。この大規模火砕流によって、400 名近い人々が犠牲となった [Umitsu *et al.* 2013]。

これまでもムラピ火山は、火山体そのものに関する研究 [Dove 2008; Handley *et al.* 2018 など] から、被害に関するさまざまな手法による調査、分析 [Baxter *et al.* 2017; Darmawan *et al.* 2018 など] や、被害予測や影響評価に関するもの [Shimomura *et al.* 2017; Carr *et al.* 2018 など] まで、広い分野で活発に調査、研究が行なわれ、アジアを代表する活火山として注目されてきた。ムラピ火山と地域住民の関係に着目したものには、噴火被害の心身への影響を分析した研究 [Christia 2012] や、火山活動と土着宗教の関係を論じたもの [Bohannon *et al.* 2017] などがあり、ムラピ火山の麓で生活する人々の生活の実態や、それに対する火山活動の影響が明らかになってきた。

しかしながら、地域住民の主な生業である農業が、火山噴火に伴う火砕流によって被災した後、どのような復興過程を経るのかについての微視的な研究は多くない。特に、火砕流の被害を受けた農地に対する、人々のアプローチを空間的、時間的に明らかにし、農地の復興過程を追った研究はほとんどない。そのなかで、被災した農家と農地の関係について、個別具体的な調査から検討することによって得られる知見は、今後の復興政策や、再び災害が発生した際の教訓になりえる。

そこで本稿では、2010 年にムラピ火山で発生した火砕流によって被災した農地と、それに対する農家の活動に着目し、火砕流堆積地における農地復興過程の、時空間的様相を解明することを目的とする。この微視的な復興過程の解明は、発展途上国における自然と人の共生関係、とりわけ、急激な環境変化を地域にもたらす自然災害と住民生活の関係について、その在り方や議論に対して具体的な事例を提供し、新たな視座を与えうると考えられる。

## 2. 調査方法と調査地域概要

### 2.1 調査方法

ムラピ火山の火砕流堆積地における農地の観察、農家への聞き取り、堆積地の簡易測量が主な調査である。2013 年 3 月には対象地域の被害状況、生業活動、住民生活の概要を知るために、火砕流の被害を受けた地域において、さまざまな住民から聞き取りを行なった。2013 年 9 月に実施した 2 回目の現地調査では、2010 年の火砕流以前と被災後の両期間において、同じ農地で農業を行なっていた農家 24 名から、農地の被害程度、栽培作物や作付け時期、避難期間、援助内容、収入や生活の変化について、聞き取りを実施した。

聞き取り調査は、農地に対する火砕流の影響とその後の状況を広い範囲で確認するために、2010 年に発生した火砕流によって最も被害を受けた、南斜面のグンドル川 (Gendol River)

周辺地域において網羅的に実施した。現地の多くの農家はインドネシア語（*bahasa*）を話することができるが、高齢の農家のなかにはジャワ語しか話すことのできない人もいた。そこで現地では、ガジャマダ大学（Gadjah Mada University）の地理学専攻、心理学専攻に所属する院生や学部生に、ジャワ語から英語、もしくはインドネシア語から英語へと通訳してもらい調査を行なった。

実際に農地で起こっている現象について把握し、火砕流被害と復興過程の空間的差異を確認するために、観察調査を実施した。ゲンドル川周辺の火砕流堆積地を、徒歩で観察して回り、農作物の栽培状態を確認した。そのなかで、最も多くの農地で作付けと生育がみられ、また、成長が早く生育度合が観察しやすい、センゴン（*sengon* : *Albizia falcata*）という木本種の樹高を測定した。また、ゲンドル川両岸における火砕流堆積地の高低差や、火砕流堆積物の除去の程度を調査するために、ハンドレベル、メジャー、GPS を用いて簡易測量を行なった。

## 2.2 調査地域概要

ジャワ島は、西部に首都ジャカルタがあり、1 万 6,000 以上もの島からなるインドネシア共和国のなかで、最も人口が集中する島である。12 万 6,700 平方 km の面積に、日本の総人口とほぼ同じ約 1 億 2,500 万人（2018 年現在）が暮らしている。

インドネシアは環太平洋造山帯に属しており、日本と同じく火山が多い。特にジャワ島にはムラピ火山をはじめ、スラメット（Slamet）火山、スメル（Semeru）火山、ラウ（Lawu）火山など 3,000 m 級の火山が多数存在し、地震による災害も多い地域である。火山関連の災害では 20 世紀以降も、ケルウト（Kelut）火山での火山泥流や、ムラピ火山の火砕流などによって、数百人から数千人の犠牲者が出ており、甚大な被害が頻繁に発生している。

ジャワ島は、熱帯アジアのなかでも年中多雨の地域ではなく、季節風に強く影響を受ける熱帯モンスーン気候である。乾燥・湿潤の交替する熱帯モンスーン地域は、雨季の降水に加え、乾季は日照時間が長く日射量が大きいため、農業生産性（特に穀物や野菜）が高い [海津ほか 1995]。ジャワ島は、人口密度が高く、また自然災害も多いが、広い範囲で農地が広がり、都市以外では農業に従事する人々が多く生活する。

## 3. ムラピ火山の火砕流と農業

### 3.1 火砕流と堆積地

ムラピ火山は、ジャワ島中部のジョグジャカルタ（Yogyakarta）特別州の北方に位置する、世界で最も活発な活火山のひとつである（写真 1）。マグマの粘り気が強いいため、溶岩ドームを形成する噴火形態をとり、その溶岩ドームが崩壊することで火砕流が発生する。山頂の南西部分に欠損した馬蹄型クレータ（基部から比高差 250 m 程度）が存在し、ここに形成された溶岩ドームの先端部が崩壊することで、その破片なども混じった高熱の火砕流が発生する [花



写真 1 ムラピ火山 (2013 年 3 月, 筆者撮影)

岡 1995]. ムラピ火山はこのような火砕流の典型例とされており, 同様の火砕流発生形態である日本の雲仙普賢岳でも, “Merapi 型火砕流” という言葉が使われている [宇井ほか 1993]. 写真 1 の山頂から色が薄くなっているところは, 火砕流の通った跡である.

2000 年以降では, 2006 年と 2010 年に火砕流が発生した. 2006 年は, 5 月中旬から噴火活動が急激に活発化しはじめた. 6 月 9 日には溶岩ドームの崩壊による火砕流が, 南斜面のゲンドル川に流下し, 山頂から約 5 km の地点まで到達した. この火砕流によって, 死者 2 名, 行方不明者 4 名の被害が出た [山田 2006]. 2010 年は, 10 月 26 日に噴火活動が始まり, 11 月 5 日に最大の噴火が起こった. この時に発生した火砕流は, 火山の南斜面を流下し, 山頂から 15 km 地点にまで達した. ムラピ火山において, 観測史上最長の到達距離である. 400 名近い人々が死亡し, 約 40 万人の避難者が出た [IMDFF-DR 2011]. 2000 年以降に発生した火砕流は, 主に南方向に流下しており, とりわけ 2010 年は南斜面に甚大な被害をもたらした. また, どちらの火砕流もゲンドル川において最も流下距離が長く, 被害の範囲も大きかったことがわかった.

ムラピ火山ではこれまでも, 山頂付近では溶岩流, 山麓にかけては火山砕屑物や火砕流, 河川下流部では泥流や土石流の被害が発生してきた [花岡 1995] が, その度に地形が大きく変化してきたことはいうまでもない. 同じく火山の多い日本において, このような被害やその堆積物によって形成された火山地域特有の緩斜面は, 他の山岳地帯の地形と比べ土地利用がしやすく, 古くから人々の生業活動や居住の場所となってきた [稲垣・小坂 2001]. ムラピ火山とその周辺地域においても, 山頂付近以外はそれほど急傾斜ではないため, 麓だけでなく火山中腹あたりでも生活が営まれている. 火口周辺は, 火山噴火に伴う被害を避けるため, インドネシア政府により立入禁止区域が設けられているが, そこから遠くないところにも多くの住民が暮らしていた. 今後も火砕流などの被害を受けるリスクは存在すると考えられるが, 火山に

よって形成された土地の上で、現在でも多くの地域住民が居住し、農業などの生業活動を行なっている。

### 3.2 農業と農作物

調査対象地域は、北をムラピ火山、南をインド洋、東西を石灰岩の台地に囲まれたジョグジャカルタ特別州の北方に位置する、2010年の火砕流で被災したゲンドル川周辺地域である（図1）。この地域は、ジョグジャカルタ特別州と中央ジャワ（Central Java）州の境界となっており、右岸の村落はジョグジャカルタ特別州、左岸の村落の一部は中央ジャワ州に属している。北部は低木と森林、南部には灌漑水田が広がっている。対象地域内は主に畑作であり、ほとんどの農家がキャッサバを育てている。また木本種では、センゴンと呼ばれる樹木（sengon : *Albizzia falcata*）が広い範囲で植えられている。家畜は宗教上の理由から乳牛が主となっており、稀に肉牛や山羊を飼育している農家もある。ジャワ島の住民の9割がイスラム教徒であるなか、ヒンドゥー教や精霊信仰が色濃く残っていることがこの地域の特徴である[芝田2015]。

対象地域における主な作物の、利用内容や収穫までの期間などについて、聞き取りと観察から得られた結果を以下にまとめる（表1）。アボガド：家の庭に植えられることが多く、火砕流被災範囲の周辺では成木がよくみられた。果実は食用され、結実するまでは10年程度を要するが、結実後は毎年収穫される。キャッサバ：デンプンの利用や、食用として有用であるため、多くの農家が栽培していた。栽培は比較的容易で毎年収穫される。コーヒー：元々はジャワ戦争の戦費消却のために、輸出用商品としてジャワ島全土の丘陵に強制的に植え付けられた



図1 調査地域概観図

出所：背景地図はSRTM-DEM，筆者作成。

表 1 主な栽培作物の利用内容と収穫について

| 主な栽培作物 | 利用内容 | 収穫までの期間 | 単 / 多年生 |
|--------|------|---------|---------|
| アボガド   | 食用   | 10 年以上  | 多年      |
| キャッサバ  | 食用   | 1 年     | 多年      |
| コーヒー   | 食用   | 数年      | 多年      |
| センゴン   | 木材   | 5 年以上   | 多年      |
| タロイモ   | 食用   | 1 年     | 多年      |
| 丁子     | 食用   | 5 年以上   | 多年      |
| トウガラシ  | 食用   | 1 年     | 多年      |
| バナナ    | 食用   | 数年      | 多年      |
| マホガニー  | 木材   | 10 年以上  | 多年      |
| ランブータン | 食用   | 5 年以上   | 多年      |

出所：現地聞き取り調査より筆者作成。

[児玉 1997] が、現在の当地域では、比較的小規模で栽培されていることが火砕流被災範囲周辺で確認された。結実までは数年を要するが、その後は毎年収穫される。センゴン：当地域の農地で最も頻繁に確認された作物であり、木材としてや、パルプに加工され利用される。他の木材と比べ成長が早く、5 年から 10 年で伐採される。葉は家畜の飼料にも利用される。タロイモ：一般的なおやつとして食用されることが多く [猪原 1989]、現在も火砕流被災範囲の内外の庭などで栽培されていた。毎年収穫される。丁子：クレテックと呼ばれるインドネシアでよく吸われているタバコの香料として利用される。結実までは 5 年程度を要するが、その後は毎年収穫される。トウガラシ：食用としてよく利用され、集約的に栽培されている様子が確認された。植えた翌年から年数回収穫される。バナナ：果実は食用であるが、農地の境界の目印として、線状に植えられている場合があった。播種後数年で毎年収穫される。マホガニー：家具などの木材として利用されるが、伐採までの期間は 10 年以上で、センゴンと比べて長く、価値もセンゴンより高い。ランブータン：ジャワ島で最もよく食されるフルーツのひとつで、当地域でも火砕流被災範囲周辺で結実している様子が頻繁に確認された。播種後 5 年ほどで毎年収穫される。

以上の作物はいずれも、インドネシア全体や、ジャワ島内の広い範囲で確認されるものばかりで、作付けから比較的早い間隔で収穫される食用の作物が、栽培されている事例が多くみられた。木材では、成長の速いセンゴンが主に栽培され、人々の食用とはならないまでも、家畜の飼料やパルプ材として多用されていた。

#### 4. 火砕流被害と農作物・生活の変化

##### 4.1 被害の種類

火砕流とは高温のガスと火山砕屑物が一体になって山体を流下する現象で、その移動速度が

時速 100 km 以上になることもあり、覆う範囲も広いことから、甚大な被害をもたらすことは上述したとおりである。衛星画像の解析により、火砕流によって植生が消失していることがわかったが、現地調査によって、その被害程度が一様でないことが確認された。本稿では、山田 [2006] を参考に火砕流を本体部と熱風部（サージ）に区別する。すなわち、農地と住民生活への被害があった地域として、火砕流本流地域と火砕サージ地域の 2 区分から被害の程度を分析する。なお、Umitsu *et al.* [2013] によると、降雨による土石流は、本研究の調査対象地域よりさらに下流域で大きな被害をもたらしており、本研究で対象とした農地への被害に土石流の被害は含まれない。

ゲンドル川における火砕流被害の範囲全体については、右岸の標高が左岸に比べ低いことから、ゲンドル川右岸の方へより広がったことが現地調査から確認された（図 2）。火砕流本流は南方向に谷の低い方へ流れ、ゲンドル川周辺を含みながら谷に沿って流れ下った。火砕サージは、火砕流本流から途中で分離され、ゲンドル川周辺を東西方向へ広がったことがわかった。火砕流本流地域の末端付近には火砕サージの被害は観察されず、比較的上流の被害範囲周縁部で観察された。

火砕流の本体部が直撃した火砕流本流地域には、直径数十 cm～1 m 以上の火山岩がいたるところに転がっており、堆積物の厚さも 1 m～数 m に及んだ。この地域の地表物は埋没や焼失により一掃され、堆積物以外にはほとんど何もなかった。一方で、火砕流の熱風部が広がった火砕サージ地域は、細かい粒子の火山砕屑物が降りかかった状態で、堆積物の厚さは数十 cm 以下であったことが聞き取りからわかった。この地域の地表物は熱による燃焼が主な被害で、黒焦げになった樹木や、その場で倒木しているものなどがみられた。

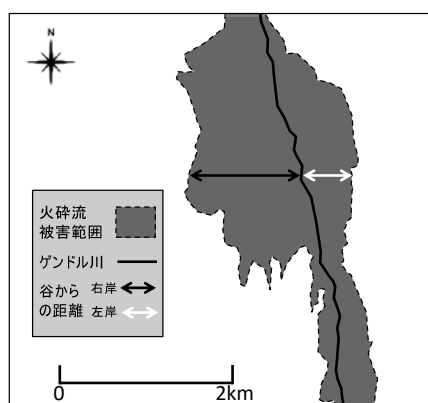


図 2 ゲンドル川周辺における火砕流の被害範囲

出所：現地観察と衛星画像判読からおおよその範囲を特定した，筆者作成。

#### 4.2 作付け作物の変化

2010 年の火砕流被災以前は、合計 33 種の作物が対象地域の農家 (N=24 人) によって栽培されていたが、被災直後は、ほとんど作付けされなかったことがわかった (表 2)。続いて 6 ヶ月後以降の半年間で作付けされた作物種数は 24 種であり、被災前の 7 割程度まで回復している。しかし、この期間に作付けされた作物数総計は、4 割程度までしか回復していない。したがって、被災後の比較的早い時期から複数種を作付けできた農家と、できなかった農家があったことがわかる。次に被災後 12 ヶ月後の期間では、種数が 8、作付け数総計が 19 となっており、種数、総計共に、6 ヶ月後のそれらよりも減少している。これは、調査地域が Am 気候 (熱帯モンスーン気候) であり、被災後 12 ヶ月後の期間は乾季に向かう時期 (以下、乾期) だからである。この後の各乾期 (24 ヶ月後、36 ヶ月後) においても、木材となるセンゴン、飼料となるイングラス、食料となるキャッサバなどは作付けされたが、種数の合計については、時間が経過しても大きく増加することはなかったことがわかる。次の雨季に向けた作付け期間 (以下、雨期) である被災後 18 ヶ月後の期間では、再度、作付け作物の総計が増加したが、種数の増加はほとんどなかったことがわかる。そして最後の雨期 (30 ヶ月後) においても、種数、総計共に、18 ヶ月後のそれらよりも増加することはなかった。

被災前、被災直後、6 ヶ月後、12 ヶ月後、18 ヶ月後、24 ヶ月後、30 ヶ月後、36 ヶ月後の各期間における、作付けされた作物の非類似度を算出すると、各雨期のそれぞれの作付け作物が類似しており、各乾期のそれぞれも類似していることがわかった。また各雨期と、被災前に栽培されていた作物も類似していることが確認された (表 3)。

以上から、作付け作物は雨期と乾期のそれぞれのサイクルで作物種が類似しており、とりわけ雨期については、被災前の種数合計と作付け総計の数に近づきつつあったが、30 ヶ月後にはそれらの増加が止まり、調査対象期間内では元の栽培状態に戻っていないことがわかった。この点について、再度表 2 を見ると、被災前も被災後もセンゴンやキャッサバ、バナナを植えた農家は多いが、グアバやラブラ材樹木については、被災後から作付けされはじめたことがわかる。グアバは政府の食料援助の一環として、農家に配られたということが聞き取りから明らかになった。ラブラ材樹木については、センゴンより質の良い木材の増産を目的として、数人の農家によって試験的に植えられたことがわかった。反対に、被災前には作付けされたにもかかわらず、被災後どの期間にも作付けされなかった作物には、香料の丁香、果物のマンゴスチン、パパイヤなどがあった。

#### 4.3 生業活動の変化

対象地域では、農業を営んでいた人が被災後に、火山関連の観光業に転職するケースがあった。また、火砕流堆積物が建材の原料となり、家屋やビルなどを建設するために重宝されるため、堆積物の採掘業に転職した人がいた。調査時もゲンドル川の谷のなかで、企業の採掘員が

表2 作付け作物の時期的変化

| 作物名       | 被災前 | 被災直後 | 6ヵ月後 | 12ヵ月後 | 18ヵ月後 | 24ヵ月後 | 30ヵ月後 | 36ヵ月後 |
|-----------|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| センゴン      | 16  | 1    | 12   | 5     | 16    | 11    | 14    | 6     |
| キャッサバ     | 14  | 1    | 4    | 3     | 6     | 3     | 1     | 4     |
| バナナ       | 13  |      | 4    | 3     | 8     | 2     | 7     | 3     |
| アボガド      | 9   |      | 1    |       | 1     |       | 1     |       |
| ランブータン    | 8   | 1    | 1    |       | 1     |       |       |       |
| タロイモ      | 7   | 1    | 1    |       | 1     |       | 1     |       |
| 丁子        | 7   |      |      |       |       |       |       |       |
| イングラス     | 6** | 1    | 3    | 4     | 6     | 5     | 8     | 5     |
| コーヒー      | 6   |      | 1    |       |       |       |       |       |
| トウガラシ     | 5   |      | 1    |       | 3     | 1     | 4     | 1     |
| マホガニー     | 5   |      | 2    |       | 3     | 1     | 2     | 1     |
| 竹         | 5   |      | 1    |       |       | 1     | 1     | 1     |
| ドリアン      | 4   | 1    | 3    |       | 4     |       | 1     |       |
| アカシア      | 3   |      | 2    |       | 3     | 2     | 4     | 2     |
| グネモン      | 3   |      | 1    |       |       |       |       |       |
| バパイヤ      | 3   |      |      |       |       |       |       |       |
| マンゴー      | 3   |      | 2    |       | 1     |       | 1     |       |
| リュウガン     | 3   | 1    | 3    | 1     | 1     |       | 1     |       |
| マンゴスチン    | 2   |      |      |       |       |       |       |       |
| 米         | 2   |      |      |       | 1     | 1     | 2     | 1     |
| キャベツ      | 1   |      |      |       | 1     |       | 1     |       |
| ココヤシ      | 1   | 1    |      |       | 4     | 1     | 1     |       |
| コラード      | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| シナモン      | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| ジリンマメ     | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| トウモロコシ    | 1   |      |      |       |       |       | 1     | 1     |
| トマト       | 1   |      | 1    |       | 1     |       | 1     |       |
| ニンジン      | 1   |      | 1    |       |       |       |       |       |
| パイナップル    | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| バラミツ      | 1   |      | 2    |       |       |       | 2     |       |
| ベリー       | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| 豆         | 1   |      |      |       |       |       |       |       |
| 蘭         | 1   |      | 1    |       |       |       |       |       |
| エレファントグラス |     |      |      |       | 1     | 1     | 1     | 1     |
| オレンジ      |     |      | 1    |       | 1     |       |       |       |
| カタルパ材樹木   |     |      |      |       | 1     |       |       |       |
| グアバ       |     |      | 3    | 1     | 1     | 2     |       |       |
| サトウキビ     |     |      |      |       | 1     |       |       |       |
| サボジラ      |     |      |      |       |       |       | 1     |       |
| チーク材樹木    |     |      |      |       |       |       | 2     |       |
| ネジレフサマメ   |     |      |      |       | 1     | 1     |       |       |
| ハヤトウリ     |     |      | 1    | 1     |       |       |       |       |
| パンノキ      |     |      |      |       | 1     |       |       |       |
| ビーナッツ     |     |      |      |       |       |       | 1     | 1     |
| ラブラ材樹木    |     |      | 2    | 1     | 2     | 3     | 1     | 1     |
| 桑         |     |      |      |       | 1     | 1     |       |       |
| 種数合計      | 33  | 8    | 24   | 8     | 26    | 15    | 24    | 13    |
| 作付総計      | 137 | 8    | 54   | 19    | 71    | 36    | 60    | 28    |

\* 表中の数字はその作物を作付けた農家数を示している。

\*\* 被災前作付け農家数6のイングラスは家畜飼料用の草本作物を指す。

出所：現地聞き取り調査より筆者作成。

表 3 各時期における作付け作物の非類似度

| 非類似度  | 被災前  | 被災直後 | 6ヵ月後 | 12ヵ月後 | 18ヵ月後 | 24ヵ月後 | 30ヵ月後 |
|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 被災直後  | 0.89 |      |      |       |       |       |       |
| 6ヵ月後  | 0.52 | 0.77 |      |       |       |       |       |
| 12ヵ月後 | 0.79 | 0.70 | 0.51 |       |       |       |       |
| 18ヵ月後 | 0.44 | 0.80 | 0.34 | 0.60  |       |       |       |
| 24ヵ月後 | 0.68 | 0.82 | 0.38 | 0.42  | 0.38  |       |       |
| 30ヵ月後 | 0.49 | 0.79 | 0.39 | 0.62  | 0.28  | 0.42  |       |
| 36ヵ月後 | 0.70 | 0.83 | 0.46 | 0.32  | 0.49  | 0.25  | 0.43  |

\* 非類似度であるため、1 に近いほど各時期間の類似度は低く、0 に近いほど類似度が高い。

出所：Bray-Curtis 指数を用い筆者作成。

重機などで採掘する様子がしばしばみられた。

以下で注目したいのは、上記のように企業等に雇用される採掘員に転職するのではなく、自分の農地や土地上の堆積物を自分自身で採掘し、売却することで収入を得ている農家である。すなわち、調査対象地域の農家のなかには、採掘作業と農業を同時並行で行なう農家（以下、採掘兼業農家）がいることがわかった。聞き取り調査の結果、被災後に収入が増加したと回答した採掘兼業農家が 60% もいることが判明した。反対に、被災後に採掘作業をせず、農業だけを行なっている農家（以下、専業農家）には、収入が増加したと回答した人が 10% 程度しかおらず、大多数が減少、もしくは変わらないと回答した。したがって、火砕流の被害を受けた対象地域では、農業が再開される過程で、被災前よりも収入が増えたと実感する専業農家はほとんどいない一方で、採掘兼業農家の過半数は収入が増えたと実感していることが明らかになった。

上記の観光業については、これまで右岸の上流地域で盛んであり、2006 年の噴火後からラバー（溶岩）ツアーと呼ばれる溶岩を観察するものが行なわれていた。さらに、2010 年以降は、火砕流堆積地を含めた、広い範囲をバギーで走行して回るというツアーに観光客が集まっていた。休日になると多くのバギーが砂埃を上げながら走行していた。このツアーのドライバーや、従業員として雇われている住民からは、農業をやっていた頃よりも収入は安定していないが、時期によっては農業よりも収入が良いという回答があった。

## 5. 火砕流被災後の状況と農家の活動

### 5.1 避難期間

各農家の避難期間と家屋の位置との関係からは、ゲンドル川からの距離にかかわらず、避難期間にばらつきがあることがわかった（図 3）。最長の避難期間は 24ヵ月間で、一番短い農家で 1ヵ月間であった。避難先は、火砕流から身を守るための緊急避難先であるシェルター（写真 2）、中期の避難所、長期避難のための仮設住宅などがある。また、親戚などの家にしばら

く住まわせてもらっていた人もいた。中期の避難所にいる間は、施設内の調整などによって、何度も別の避難所への移動を余儀なくされることが多かったことが聞き取りから明らかになった。農地も住居も火砕流によって破壊された農家は、一定期間が経つと、日中は被災した農地や住居の修繕に向かい、夜になると避難所に帰って来るという期間を経て、避難所を出ていったということであった。農家の人々は避難所にいる間、政府からの食料援助によって生活していた。

## 5.2 政府・ボランティアからの援助

自然災害の被害を受けた地域住民へは、政府やボランティアから、さまざまな形で援助や支援が行なわれる。たとえば、岸川ほか [1993] では、1991 年からの雲仙岳噴火による農地被

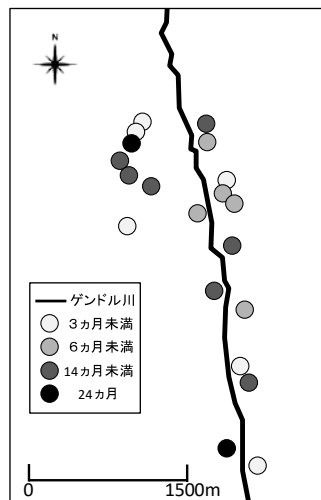


図3 各農家の避難期間

\* 図2の破線内とほぼ同範囲を示している。

出所：現地聞き取り調査より筆者作成。



写真2 火砕流シェルター (2013年3月, 筆者撮影)

害において「雲仙岳噴火農村・農業対策研究委員会」が設置され、さらに、農業土木学会において「雲仙岳噴火による農地災害」の特集が組まれるなど、さまざまな復興に関する取り組みが行なわれ、被災住民の早期農業再開に向けた活動があったことが述べられている。

2010 年のムラピ火山噴火に際しては、IMDFF-DR [2011] によると、政府によって危険地帯が 3 つ選定され、調査対象地域は危険地帯Ⅲに含まれる。危険地帯Ⅲは、ムラピ火山による火砕流などの火山噴火関連災害の影響を頻繁に受ける最も危険な地域と定義され、この地域が政府援助の対象となった。危険地帯Ⅲの住民には 4 つの選択肢が用意され、それぞれの行為に応じて政府から援助が行なわれた。その選択肢の内容は、オプションⅠ：安全な地域に農地も住居も移転する（危険地帯Ⅲ内の農地と住居は政府が購入）、オプションⅡ：安全な地域に農地も住居も移転する（危険地帯Ⅲ内の農地と住居はそのまま）、オプションⅢ：危険地帯Ⅲ内に住み続け、農地も移転しない、オプションⅣ：危険地帯Ⅲ内の農地と住居はそのまま、安全な地域に住居を移転する（農地はすでに安全な地域にも所有している）である。この 4 つのなかでオプションⅢは、政府が設定した危険地帯Ⅲ内に留まることを意味している。そしてオプションⅢを選択すると、他のオプションを選択することで得られる政府からのさまざまな援助をほとんど受けることができない。つまり、政府は農地と住居の移転を積極的に促しているということがわかる。

しかし実際には、火砕流によって壊滅的な被害を受けた農地をもつ住民でさえも、その土地でまた農業を再開することが少なくなかった。また、聞き取りをしていると、たとえ政府からの援助が受けられなくても、先祖から代々受け継いでいる土地に住み続けたいと話す住民もいた。なお、被災直後の避難所では、政府から全ての被災者に食料や金銭的な援助があった。聞き取りから、避難中は主に食料と金銭、農業再開時にはセンゴンと、その他の作物の種子が配給されたことがわかった。さらに政府以外にも、多くのボランティア団体がこの地域を訪れ、食料や金銭的な援助をしたようである。当地域の特徴的な事例として、火砕流被災地域の右岸における、テレビ局や企業の援助がある。“バハ・マリジャン”という有名な宗教家<sup>2)</sup>がこの火砕流で亡くなり、メディアで大きく取り上げられたため、彼が居住していた右岸は左岸に比べ、これらの援助が活発であることが観察や聞き取りからわかった。

### 5.3 火砕流堆積物の除去

2012 年 8 月時点で、木本・草本植物がほとんど生育していなかった火砕流堆積地のある土地において、2013 年 3 月時点ではすでに堆積物が除去され、キャッサバなどが植えられている（写真 3, 4）。火砕流堆積物の除去は、被災農地に対して、まず初めに行なわれる直接的な活動であることが聞き取りから確認された。したがって農業を再開するにあたり、それぞれの

---

2) ムラピ火山に祈りを捧げ、噴火を鎮める役目を担い、現在も存在するジョグジャカルタ特別州のスルタン（国王や君主の意）に従っていた人物。

農家がどのように、火砕流堆積物を除去するのかをさらに調査した。なお、対象地域はゲンドル川の上流部であり、また谷が深いことから土石流による影響は谷底だけに限定され、その崖上に位置する調査農地の堆積物は全て、火砕流によるものであることが観察や聞き取りから確認された。

火砕流本流地域の農地では、堆積物の採掘が行なわれていたが、農地によって採掘の程度に差異があった。2 m 以上の堆積物がそのまま残っているすぐ近くに、元の面まで除去されている農地や、ある程度の除去はされているが、元の面までは除去されていない農地が隣接していたのである。聞き取りによると、採掘は土地の所有者によってほとんど手作業で実施されていた。そして、堆積物が数 m もある農地では、その堆積物を売ることによって臨時収入を得ることができ、火砕流被災後の貴重な収入源となっていたことがわかった。また、ある程度の除去を終えたところで、作物を栽培している農地もあった。その理由は、元の面まで採掘するには、多大な時間と労働力がかかるため、作物が栽培できる深さまで採掘したらすぐに作付けす



写真 3 火砕流被災農地（2012 年 8 月，筆者撮影）



写真 4 火砕流被災農地（2013 年 3 月，筆者撮影）

\* 写真 3 とほぼ同位置から撮影。火砕流堆積物を除去した痕跡がみられる。

るからであった。したがって採掘の程度は、その農地の所有者によって任意に決められることがわかった。

一方で火砕サージ地域の農地では、採掘するほどの堆積物はなく、農地表層を“掃除”する程度で、すぐに作付けできるようになるということが確認された。また、降雨によってその表層の堆積物が流れるため、堆積物の除去が容易で、採掘のような労働力がいらないと話す農家もいた。火砕流本流地域では採掘、火砕サージ地域では掃除と、堆積物除去の方法に違いがあった。また収入源となる堆積物を採掘する程度は、農家次第であることが明らかになった。

## 6. 火砕流堆積地における農地の復興過程

ここまで、火砕流被害の内容、被災による栽培作物と生業活動の変化、そして被災後の状況と活動についての調査結果を述べてきた。以上を踏まえ、被災後からまた農業が開始される過程を農地復興過程とし、対象地域の火砕流堆積地における農地の復興がどのように進んだかをここで検討する。まず、火砕流本流地域と火砕サージ地域における各農家の作付け作物種数について、半年ごとの期間に分けて確認する。6ヵ月後、18ヵ月後、30ヵ月後に作物種数の増加が顕著であるが、火砕流本流地域において6ヵ月後までに、被災前の種数に回復している農地はほとんどない（表4）。一方で火砕サージ地域では、6ヵ月後までに、過半数の農地が被災前の種数に回復している。つまり、火砕流本流地域では、多種類の作物をすぐに作付けすることは困難で、火砕サージ地域では被災後、比較的早く多種類を作付けできたことが考えられる。これまでの調査結果から、火砕流本流地域と堆積物の除去方法が“採掘”の地域とが一致し、火砕サージ地域と除去方法が“掃除”の地域とが一致する。したがって、火砕サージ地域は、細かい粒子が薄く堆積するのみで、採掘の必要がないため、速やかに農業が再開されたと考察される。

次に、火砕流本流地域の農地と、作付け作物の関係に着目すると、被災後の作付け作物種数の増加期間にばらつきがあることがわかる（表4）。これまでの調査結果から、このばらつきは被害の程度によるものではなく、火砕流堆積物を採掘する期間や程度が関係していると考えられる。聞き取りから、採掘した堆積物は換金できるため作物の作付けを急がず、堆積物をあまるだけ全て売却したという農家がいた。反対に、堆積物を全て採掘するのは労働力がかかりすぎるため、ある程度の採掘をしたら作付けを始めたという農家もいた。また農地に、農業再開に向けて採掘する部分と、“貯金”として厚い堆積物に覆われたままにしておく部分の両方を有する農家もいた。

そもそも火砕流本流地域において、堆積物が厚く覆ったところでは、作物を栽培することが困難なのだろうか。成長が早く、作付け時期の違いが明瞭で、かつ、政府の援助でほとんどの農家に配給されるセンゴンを指標に4分類した栽培状態と、3パターンの農地の状況との関係を分析した（表5）。全体に占める割合としては、中程度除去の農地（ある程度の堆積物が除

表 4 農家別作付け種数の時間的変化

| 農家 | 被災前 | 被災直後 | 6ヵ月後 | 12ヵ月後 | 18ヵ月後 | 24ヵ月後 | 30ヵ月後 | 36ヵ月後 | 被害の種類 |
|----|-----|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A  | 10  | 0    | 11   | 0     | 4     | 0     | 5     | 0     | 火砕サージ |
| B  | 5   | 0    | 5    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 火砕サージ |
| C  | 3   | 0    | 3    | 3     | 3     | 3     | 3     | 3     | 火砕サージ |
| D  | 2   | 0    | 3    | 3     | 1     | 7     | 3     | 0     | 火砕サージ |
| E  | 8   | 8    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 火砕サージ |
| F  | 5   | 0    | 0    | 0     | 6     | 0     | 2     | 0     | 火砕サージ |
| G  | 7   | 0    | 8    | 0     | 2     | 0     | 3     | 0     | 火砕流本流 |
| H  | 7   | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 火砕流本流 |
| I  | 3   | 0    | 0    | 0     | 0     | 0     | 5     | 0     | 火砕流本流 |
| J  | 6   | 0    | 7    | 7     | 5     | 1     | 1     | 0     | 火砕流本流 |
| K  | 8   | 0    | 0    | 0     | 4     | 4     | 4     | 4     | 火砕流本流 |
| L  | 6   | 0    | 3    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 火砕流本流 |
| M  | 6   | 0    | 0    | 2     | 2     | 4     | 4     | 4     | 火砕流本流 |
| N  | 4   | 0    | 4    | 0     | 2     | 2     | 2     | 2     | 火砕流本流 |
| O  | 7   | 0    | 0    | 0     | 4     | 0     | 1     | 1     | 火砕流本流 |
| P  | 2   | 0    | 0    | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     | 火砕流本流 |
| Q  | 3   | 0    | 0    | 0     | 4     | 4     | 4     | 4     | 火砕流本流 |
| R  | 10  | 0    | 7    | 4     | 5     | 4     | 6     | 4     | 火砕流本流 |
| S  | 13  | 0    | 1    | 1     | 0     | 2     | 5     | 0     | 火砕流本流 |
| T  | 10  | 0    | 2    | 0     | 4     | 0     | 2     | 0     | 火砕流本流 |
| U  | 6   | 0    | 0    | 0     | 3     | 3     | 3     | 3     | 火砕流本流 |
| V  | 2   | 0    | 0    | 0     | 9     | 0     | 1     | 2     | 火砕流本流 |
| W  | 15  | 0    | 0    | 0     | 7     | 0     | 10    | 0     | 火砕流本流 |
| X  | 10  | 0    | 1    | 1     | 6     | 1     | 6     | 0     | 火砕流本流 |

\* 表中の数字は各農家が作付けした作物種数を示している。農家 H のみ、被災後の作付け種数が 0 のままだが、転職はしておらず、次期に作付けの予定があったため表に含めた。

出所：現地聞き取り調査より筆者作成。

表 5 火砕流堆積物と作付け作物の関係

| 作付け状態      | 農地の状況 |       |      |
|------------|-------|-------|------|
|            | 無除去   | 中程度除去 | 完全除去 |
| センゴンのみ     | 9     | 44    | 15   |
| センゴンとキャッサバ |       | 17    |      |
| センゴンと飼料    |       | 9     | 1    |
| センゴン以外     | 3     | 28    | 3    |

\* 堆積物の状況が観察できた農地 (N = 129) を分類した。

出所：現地観察調査より筆者作成。

去された農地) が多いことがわかる。ここには多様な作物の栽培がみられた。無除去の農地 (堆積物除去が進んでいない農地) には、ほとんどの場合センゴンしか植えられていなかった。その他の作物が栽培されている状態も数ヵ所あったが、枯れかけている場合が多かった。した

がって、堆積物面のままでは、多種の作物栽培は困難であることが示唆される。また、完全除去の農地（元の面まで堆積物が除去された農地）においては、堆積物の除去は進んでいるはずであるのに、センゴンしか植えられていない場合もあったことがわかる。これは、調査時の直前まで採掘を行なっていたために、時間的な理由から、まだ作付けできていなかったのではないかと推測される。

そこで各農地の状況で生育する、センゴンの樹高を測定した結果、完全除去の農地におけるセンゴンの平均樹高は 3.1 m (n=15 本) であった。中程度除去の農地におけるセンゴンの平均樹高は 5.6 m (n=61 本) で、無除去の農地でのそれは 5.8 m (n=9 本) であった。完全除去の農地におけるセンゴンの樹高は、他の堆積物状況の農地におけるセンゴンの樹高に比べ低いことがわかった。一般的に火山性（火山灰や火山砕屑物から成る）の土壌は栄養が乏しいとされるため、堆積物が無除去の場合は、作物の生育には適さないと考えられる。それにもかかわらず、無除去の農地で樹高が高いのは、作付け時期の違いに帰結することができる。以上のセンゴンの樹高、栽培状態と農地状況の関係から、火砕流本流地域では堆積物採掘の程度の差が、作付け作物種の増加期間にばらつきを生じさせたと考察される。

最後に、住民生活と農業の関係について考察する。これまでの調査結果から、火砕サージ地域において、堆積物の除去は掃除で済み、比較的早い時期に農業を再開したにもかかわらず、専業農家の収入は被災前よりも減少傾向にあった。加えて、作物種数の時間的な増減についても、被災後 6 ヶ月以降は種数の増加があまりみられない。したがって、被災後に栽培できなくなった作物があり、収入を減少させていることが考えられる。聞き取りのなかで、「火砕流の被害を受けた農地では果樹が育たなくなった」という話があったことや、政府やボランティアから果樹の援助があったにもかかわらず、数としては表れていないことから、収入の減少は、果樹の栽培不適に起因するものだと推察される。また、すぐに換金できず食用でもないセンゴンの配給も、収入減少を引き起こしている要因のひとつと考えられる。

一方で、火砕流堆積物の売却も行なっている採掘兼業農家の収入は、増加する傾向にあった。そのような農家は、作付け種数が被災後に一時増加した後、また減少傾向に転じていることも判明した。すなわち、作付け種数が少ない農家でも、収入が増加傾向にあるということである。採掘兼業農家は、採掘に時間や労働力がかかるため、手のあまりかからない作物だけを作付けしていることが考えられる。実際に、採掘兼業農家の農地では主に、センゴンかキャッサバを栽培している場合が多く観察された。またこれらの作物は、作付け作業以外はほとんど何もしなくてよく、非常に楽に栽培できるということも現地でよく聞かれた。したがって、採掘兼業農家の作付け種数は労働力の関係から少ないが、堆積物を売却して得られる収入額が大きいため、結果として収入が増加していると考察される。

各農家の避難期間と、被災前後の収入の関係を分析したところ、被災後に収入が増加したと

答えた農家の平均避難期間は10ヵ月強で、減少したと答えた農家の平均避難期間は8ヵ月弱であった。これはすなわち、被害が大きく避難期間が長い農家のほうが、収入が増加する傾向にあるということである。この傾向が表れるのはやはり、火砕流堆積物が被災後の対象地域において、農家の生活への被害としてだけでなく、恩恵の部分ももっているからだと考えられる。インドネシア共和国は、近年目覚ましい発展を続けている途上国のひとつであるが、経済成長がビル建設を促進させ、建材となる原料の需要も大きくなり、火砕流堆積地において農地を復興する農家の生活にまで、その影響が及んでいることが示唆される。

## 7. お わ り に

本稿で明らかになった主な事柄と、そこから考察された内容を整理する。

まず、ムラピ火山で2010年に発生した火砕流による被害の内容と影響が明らかになった。火砕流の被害は、火砕流本流が直撃した地域と、火砕サージの地域に区分された。対象地域の農業は多大な被害を受けた後、栽培が一時困難な時期を乗り越え、総じて被災前の状態へ回復する傾向にあった。しかし、作付け作物種数の停滞や作物種の違いなどもあり、完全に元の状態に戻っているわけではなかった。住民生活では、被災後に自分の農地や土地上の堆積物を売却し、収入を獲得する採掘兼業農家が現れた。農業が再開されるなかで、被災前よりも収入が増えたと実感する採掘兼業農家が過半数を占める一方、その実感がない専業農家は大多数であることが判明した。

次に、火砕流被災後の状況や援助内容、農家の活動が明らかになった。避難期間は人それぞれでかなりのばらつきがあり、またひとつの避難所だけで生活できず、何度も別の避難所へ移動した人がいた。政府は各農家に対して、避難中の援助だけでなく、新たな作物の配給を行っていた。政府の復興計画で移住が奨励されても、被害を受けた土地でまた農業を再開する農家が少なくないこともわかった。農地に積もった堆積物を除去する活動は、火砕流本流地域では採掘、火砕サージ地域では掃除と、除去の方法に違いがあった。堆積物を採掘する程度は、農家次第であることも明らかになった。

最後に、対象地域の火砕流堆積地における農地の復興過程について検討した。農業の再開時期に関して、火砕サージの被害地域は、細かい粒子が薄く堆積するのみで、採掘の必要がないため、掃除程度で速やかに農業が再開されたと考えられた。一方で火砕流本流地域では、堆積物採掘の程度の差が、作付け作物種の増加期間にばらつきを生じさせたと考察された。専業農家の収入減少は、果樹の栽培不適と、換金までに時間のかかるセンゴンの配給に起因すると推察された。採掘兼業農家については、栽培作物の種数は少ないが、採掘した堆積物の売却によって、収入増加となっていることが考察された。

本稿の対象地域における農地復興過程をまとめると、2010年の火砕流以前は多様な作物が

栽培されていたが、2010 年 11 月、火砕流の発生によって農地が被災した。その被害は火砕流本流と火砕サージで大きく違い、堆積物除去の方法や、農業再開までの期間に影響を与えた。堆積物と除去方法の違いから、栽培作物の種数に差が生まれ、同時に、農家の生活にも変化が起こった。特筆すべきは、火砕流の被害の一部である堆積物が、農地の復興過程において、金銭的な役割を担う一面もあることが示唆されたことである。

被災後さらに時間が経過すると、それぞれの被害地域の農業と農家の生活はどのようになっていくのだろうか。また今回は調査できなかったムラピ火山の他斜面では、過去に火砕流の被害を受けた後、どのような復興過程を経たのか、さらなる詳細な分析と経年変化、他地域との比較を今後の課題としたい。

#### 謝 辞

調査にあたって、Gadjah Mada 大学地理学部・災害研究センターの Mardianto Djati 博士をはじめとする同学部の先生方や、職員の方々に多大な便宜を図っていただいた。生活面に関しても、現地滞在にあたって必要となる宿泊施設の手配等、同大学地理学専攻の大学院生（当時）、Fitria Nucifera さんに多大な援助をしていただいた。また、当時学部生の Yeni Hidayati さんをはじめ、心理学専攻の大学院生である Novi Ernilawati さん、Arlen S Yontadara さんに、聞き取り調査の際は一日中行動を共にしてもらい、通訳をしていただいた。そして、本研究を始めるきっかけを与えてくださり、上記の方々の紹介、調査・研究の指導をくださった奈良大学文学部の海津正倫教授（名古屋大学名誉教授、現・奈良大学特命教授）、現地で共に切磋琢磨し、議論や調査、指導をしていただいた田村賢哉さん（現・東京大学大学院生）、本研究を学術論文としてまとめるにあたり、サポートくださった京都大学文学研究科の水野一晴教授など、たくさんの方々のお支えとご尽力により本研究は遂行された。心より感謝申し上げます。

#### 引 用 文 献

- Baxter, J. P., S. Jenkins, R. Seswandhana, J-C. Komorowski, K. Dunn, D. Purser, B. Voight and I. Shelley. 2017. Human Survival in Volcanic Eruptions: Thermal Injuries in Pyroclastic Surges, Their Causes, Prognosis and Emergency Management, *Burns* 43(5): 1051–1069.
- Bohannon, R., W. Bauman and K. JO'Brien. 2017. Case Study: Religion and Disaster: The Merapi Volcano Eruption NAJIYAH MARTIAM. In R. Bohannon, *et al.* eds., *Grounding Religion: A Field Guide to the Study of Religion and Ecology*. Abingdon, UK: Routledge, pp. 65–72.
- Carr, B. B., B. A. Clarke and V. M. Michieli. 2018. Earthquake Induced Variations in Extrusion Rate: A Numerical Modeling Approach to the 2006 Eruption of Merapi Volcano (Indonesia), *Earth and Planetary Science Letters* 482: 377–387.
- Christia, M. 2012. Experiences of People Affected Merapi Eruption in 2010: A Qualitative Study Conducted in Krinjing Village Indonesia. University of Oslo, The Faculty of Medicine Institute of Health and Society Department of Community Medicine. (Unpublished)
- Darmawan, H., T. R. Walter, K. S. Brotopuspito, Subandriyo and M. A. N. I. Gusti. 2018. Morphological and Structural Changes at the Merapi Lava Dome Monitored in 2012-15 Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 349: 256–267.

- Dove, M. R. 2008. Perception of Volcanic Eruption as Agent of Change on Merapi Volcano, Central Java, *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 172: 329–337.
- 花岡正明. 1995. 「“火の山” メラビ火山で火砕流災害発生 (速報)」『新砂防』47(6): 57–58.
- Handley, H. K., M. Reagan, R. Gertisser, K. Preece, K. Berlo, L. E. McGee, J. Barclay and R. Herd. 2018. Timescales of Magma Ascent and Degassing and the Role of Crustal Assimilation at Merapi Volcano (2006–2010), Indonesia: Constraints from Uranium-series and Radiogenic Isotopic Compositions, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 222(1): 34–52.
- 稲垣秀輝・小坂英輝. 2001. 「火山地域の地形・地質の特徴と自然災害に対するリスクマネージメントによる土地利用—那須火山地域を例として」『応用地質』42(3): 149–162.
- 猪原英雄. 1989. 『東南アジアの生活文化入門』日本生産性本部.
- 岸川 健・本城守義・増崎一夫. 1993. 「農地復旧・復興計画の概要」『農業土木学会誌』61(9): 819–824.
- 児玉 茂. 1997. 『多雨林と火山—インドネシアの自然と人々』古今書院.
- 芝田篤紀. 2015. 「メラビ火山と暮らす—火砕流被害がもたらすもの」『地理』60(1): 76–82.
- Shimomura, M., M. Iguchi, S. Sulistiyani, S. A. Budi, M. A. N. I. Gusti and K. Miyamoto. 2017. Quasi-real Time Pyroclastic Flow Hazard Mapping System at Mt. Merapi. In 19th EGU General Assembly, proceedings from the conference held 23–28 April, 2017 in Vienna, Austria, p.9878.
- The Indonesia Multi Donor Fund Facility for Disaster Recovery (IMDFF-DR). 2011. *The Action Plan for Rehabilitation and Reconstruction: Merapi Build Back Safer*. (Unpublished)
- 植野利康・Hariyono Utono. 2011. 「インドネシア・メラビ山 2010 年噴火災害報告 (速報)」『砂防学会誌』63(5): 47–51.
- 宇井忠英・隅田まり・大学合同観測班地質班. 1993. 「メラピ型火砕流の発生過程—雲仙普賢岳第 6 ドームでの観測結果」『火山』38(2): 45–52.
- 海津正倫・門村 浩・島田周平・田村俊和. 1995. 『湿润熱帯環境』朝倉書店.
- Umitsu, M., D. Mardiatno, A. G. Dipayana and A. S. Wisudarahman. 2013. Debris Flow and Riverbank Erosion along the Putih River on the Piedmont Slope of Mt. Merapi, Indonesia, *Geographical Journal of Nara University* 19: 40–45.
- 山田 孝. 2006. 「平成 18 年 6 月 14 日にインドネシア国メラビ火山の南山麓で発生した火砕流災害」『新砂防』59(3): 47–50.