

## 霧島新燃岳噴火と災害危機対応

木下 紀正 (Kisei KINOSHITA)

火山爆発と原子炉爆発事故は、どちらも放出物が広く拡散して生活に重大な影響を及ぼす事象である。2011 年 1 月の霧島新燃岳噴火と火山防災について報告し、同年 3 月の福島原発事故の危機対応と研究情報公開のあり方を検討する。

Eruption of Mt. Shinmoedake in Kirishima Volcanoes and Crisis Management

キーワード：火山灰煙(volcanic ash cloud), 近赤外映像(near-infrared image), 大気拡散(atmospheric dispersion), 火山防災(volcanic disaster prevention), 原発事故(accident of nuclear power plant)

### はじめに

2011 年 1 月 26 日、霧島火山群の新燃岳で灰煙の大規模な放出が起こり、やがて大量の溶岩が火口に現れ噴火活動が継続している。本稿では新燃岳の火山活動と、行政・住民も含めた関係者の対応を簡単に紹介する。さらに、3 月 11 日の東日本大震災に続く福島原発事故の危機対応の在り方について火山防災体制と比較して議論したい。

### 1 南九州の火山と霧島火山群

南九州の活火山は霧島・桜島から南の島々に連なっている。図 1 の薩摩硫黄島は、約 7300 年前に海中大爆発を起こした鬼界カルデラの北縁にある。この噴火は過去 1 万年で日本最大であり、火砕流が海を越えて九州本土南部に達した。霧島市東部の上野原遺跡は火砕流で埋没した縄文時代草創期の定住地である。

さらに時代を遡ると、約 2 万 9 千年前の始良カルデラ噴火では大火砕流が 100m を超える厚さのシラス台地を鹿児島に残し、火山灰は日本全土や朝鮮半島を覆い、関東でも 10cm を超える厚さの地層となっている。鹿児島湾北部は阿蘇カルデラと同じ規模の始良カルデラが海となったものであり、桜島はその中の南寄りに形成された。カルデラとはスペイン語の大鍋で、火山性の大きな陥没地形を意味する。

薩摩半島南部には平安時代まで度々噴火した開聞岳など多くの火山地形が見られ、これらを含む阿多カルデラの噴火は 10 万年余り前である。霧島火山群は、約 34 万年前に噴火した加久藤カルデラの南縁にある。その東隣りには約 52 万年前に噴火した小林カルデラがある。このようなカルデラ噴火の歴史は、火山地質学、特に火山灰層序学の近年の発展によって詳しく明らかにされている<sup>1)</sup>。

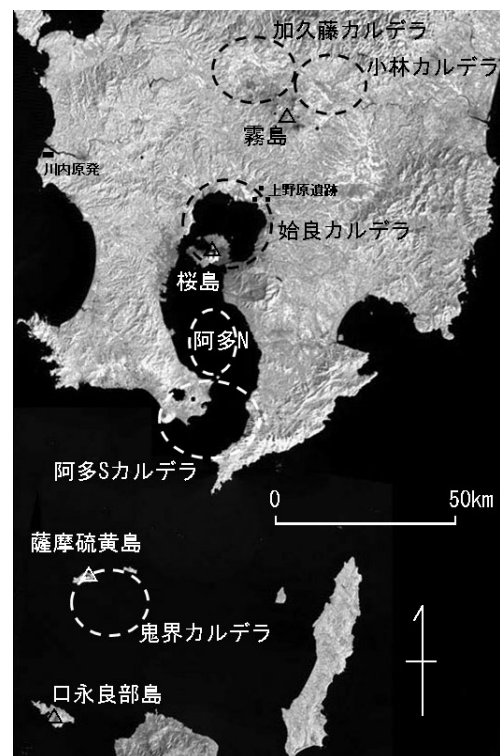


図 1 南九州の大カルデラと噴火活動中の火山  
それぞれ破線と△で示す

多くの大カルデラを含む火山の連なりは、図1のさらに南の火山島の列や阿蘇山など九州中北部の火山とともに西日本火山帯をなしている。その成因は、九州本土等をのせたユーラシアプレートにフィリピン海プレートが急角度で沈みこむことから理解される。100km余り地下で取り込まれた水分のため高温のマントルが溶融してマグマとなる。九州から南西諸島にかけての地下に、西日本火山帯の根源となるマグマの発生帯があると推測されている。

霧島火山群には最高峰の韓国岳（1700m）など20余りの小型の火山や多くの火口湖がある。図2の近赤外3D画像では水を湛えた火口湖は黒くみえる。個々の火山体は30万年ほど前から順次形成され、火砕流や溶岩流出を起こした事は火山堆積物から読み取られ、古文書にも記録されている<sup>2)</sup>。

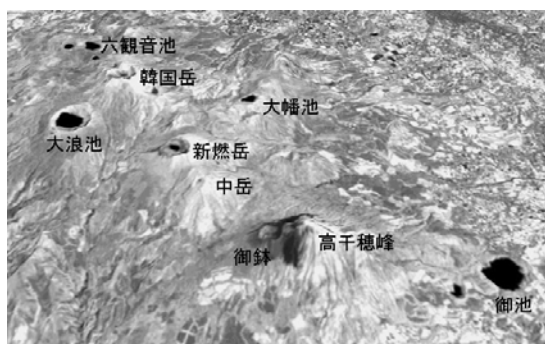


図2 霧島火山群。Landsat 近赤外データによる 南方上空からの SiPSE-3D 衛星画像<sup>3)</sup>

## 2 新燃岳 2011 年噴火の経過

2003-04 年に高千穂峰（1574m）の山頂近くの御鉢火口の噴気活動が見られた。2008 年 8 月 22 日、新燃岳（1421m）が 17 年ぶりに小噴火して火山灰を放出した。火山灰には新鮮なマグマ成分は含まれず、地下水の急加熱による水蒸気爆発と見られる<sup>4)</sup>。その後しばしば白い噴煙が上がり、高温のマグマが浅い地下にあることをうかがわせた。白い噴気や噴

煙は主に水分であり、マグマから離脱した各種の火山ガス成分や若干の火山灰も含まれている。弱風るとき放出口からの高さ 200m 程度までは噴気、それ以上は噴煙と呼ばれる。

新燃岳では 2009 年になっても白い噴気・噴煙が上がっており、時には 50km 離れた鹿児島市からも視認された。大気の混濁に妨げられやすい可視光をカットした近赤外撮影では、肉眼では見えない時も噴煙が認められることが多い。

2011 年 1 月 19 日夜の小噴火で新鮮なマグマ物質を含む火山灰が確認され、噴火活動は新しい段階に入った<sup>5)</sup>。1 月 22・25 日には噴煙が連続して放出されて長くたなびき、26 日午後から 27 日にかけて、爆発をまじえて大規模な灰煙が連続的に放出された<sup>6)</sup>。これは大量のマグマからの火山ガス発泡が起こり、マグマのしぶきが火山灰となるマグマ噴火である。噴煙の典型的な形態を図3に示す。28 日上空からの観測では高温マグマの露出が確認され、その数日後には灼熱の溶岩が火口湖を埋め、直径 500m 以上に広がっている事が航空機や衛星による観測から報告された。

火山ガスの大部分は地下深くの高温高压でマグマに溶け込んでいる水分である。それが地表近くの圧力低下で急激に発泡すると火山爆発を起こす。26-27 日の猛烈な灰煙放出の後、時折の爆発をまじえた間欠的な灰煙放出にだんだん変わった。これは火山ガスの発泡がゆっくりと進み、冷却固化したマグマ表面の皮を破るガス圧に達して爆発を起こすブルカノ式噴火の過程を繰り返しているためと推測される。特に 2 月 1 日朝の爆発的噴火では、空振（超低周波の空気振動を主とする爆発の衝撃波）が最も強く、火口から 5km 程度離れたホテルや学校などでガラス窓が割れる被害があった。その後 3 月にかけて爆発的噴火は少なくなり、固化した割れ目から連続的に放出される白煙も見られるようになった。

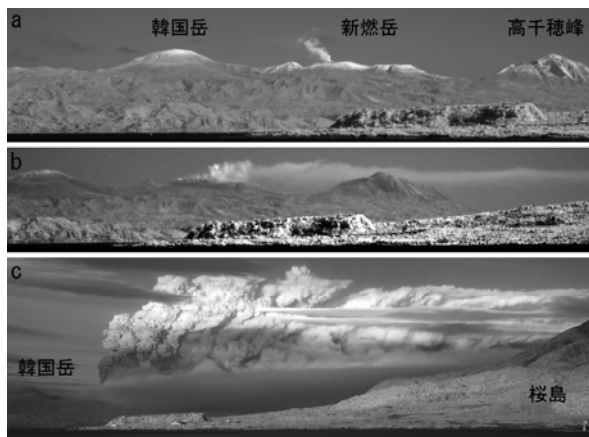


図3 新燃岳の南南西50kmからの近赤外撮影による2011年1月の噴煙。(a) 白煙 2日 10:18. (b) 連続噴煙. 22日 10:55. (c) マグマ噴火の灰煙. 27日 17:27.

### 3 噴火災害と周辺住民

1月26日のマグマ噴火以来数日の間は、新燃岳の南東から東にかけての宮崎県都城市などに火山灰が数cmから10cm以上も堆積した。道路は通行止めになり、JRの運休は海沿いの日南線に及んだ。宮崎県では前年の口蹄疫被害も癒えないまま、農業被害が深刻になった。大量の降灰は宮崎県南部と、隣接する曽於市など鹿児島県東部で見られた。

図4に示す衛星画像では、火山灰煙が偏西風に乗って東海地方の南海上まで流れている。日時によって様々な拡散形態とスケールの煙流が見られるが、東から南東にかけて流れているのが大部分である。灰煙の高度はジェット旅客機の巡航高度より低い5000m以下がほとんどだが、火口から約53km東の宮崎空港では離発着が困難になり、数日間閉鎖された。2010年4月のアイスランド噴火では欧州の航空網が大混乱に陥ったが、南九州では桜島噴火への灰煙対応で経験は積まれている。新燃岳の西16kmの鹿児島空港では離発着コースの変更や迂回路をとることで灰煙を避け、僅かな運休で宮崎空港の代替の役割を果たした。

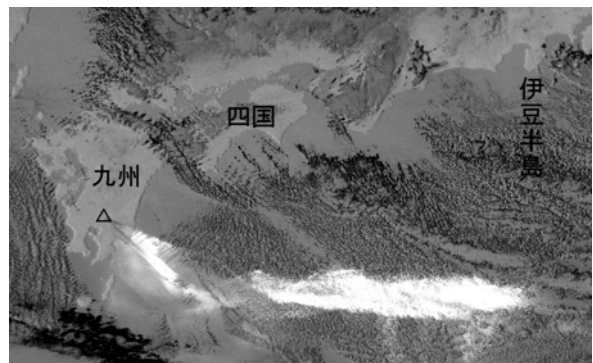


図4 新燃岳噴煙の衛星画像。灰煙は白く見える。2011年1月26日22時の東京情報大学受信MODIS熱赤外データから作成

噴火に伴う噴石への警戒で、前年5月から火口周辺1kmの立入り規制がなされていた。1月26日の大噴火で火口周辺2kmが立入り禁止となり、さらに火砕流にも警戒して31日には3km、2月1日には空振被害を受けて4kmに拡大された。降灰をもたらす山頂上空の風は西寄りから北西の時が多く、小さな噴石は数km以上も風に流される。大きな噴石には風の影響は小さく、火口からの距離が避難対策の目安になる。火砕流や土石流には、火山周辺の地形も踏まえた警戒が必要である。幸い顕著な土石流など見られず、爆発はだんだん弱くなって、3月22日に立入り規制は火口周辺3kmに縮小された。

霧島連山は1934年に最初に指定された国立公園であり、2010年9月には日本ジオパーク11ヶ所の一つに認定され、さらに世界ジオパークに申請中である。ジオパークとは大地の成り立ちを学べる公園の意味で、世界ジオパークには日本からは洞爺湖有珠山・島原半島など4地域が認定されている。

霧島温泉郷では、2011年3月12日の九州新幹線全線開業を追い風に大きな発展を期待していた。そこに新燃岳噴火が起こり、さらに3月11日の東日本大震災で観光旅行が控えられるムードになってしまった。新燃岳の西

から南にある温泉郷には降灰がほとんどなく、空振被害対策を済ませているのに、予約キャンセルが多く客足は遠のいてしまった。直接的被害のほとんどない現状と適切な噴火避難対策と情報提供をしていることに理解を求めて、活きた火山のもとの温泉郷の再興が図られている。

#### 4 火山噴火の予知と防災

火山研究者の検討を受けて 2003 年に改訂された気象庁による活火山の定義は、過去 1 万年間の火山活動が分かったものである。全国 108 の活火山のうち、最も活動的な火山を A ランク、次に活発な火山を B ランクとして監視体制を取っている。ランク A には桜島・雲仙・阿蘇やトカラ列島の諏訪之瀬島など全国 13 の活火山が指定され、霧島火山は従来の御鉢と新燃岳の活動に基づきランク B の 36 火山の一つであった。

霧島火山では、深部のマグマの動きや上昇による火山性微動を捉える地震計や地殻の伸縮・上下動を計測する GPS など、気象庁と大学など研究機関の装置によって観測されている。東大地震研では、えびの高原の霧島火山観測所が警戒区域となったため、臨時観測室を新燃岳の南南西 11km にある霧島市の支所に設け、全国大学の火山研究者の観測研究の拠点として観測網を強化している。また、新燃岳噴火のウェブサイトを立ち上げ、重要な観測結果の早期公開など研究成果の一般社会への普及啓発に努めている<sup>5)</sup>。

火山活動の日常的な監視や非常時の緊急観測と情報の集積・判断は気象庁の役割で、それを受けて立入り規制や避難勧告あるいは避難命令を下すのは市町村長である。その判断を支えるのが都道府県の危機管理防災課や政府内の内閣府などの機関である。気象庁では全国を 4 つの火山監視・情報センターで分

担して活動状況を監視している<sup>7)</sup>。新燃岳噴火については福岡管区気象台にある九州・沖縄のセンターと鹿児島地方気象台が観測情報をまとめ、大学の火山研究機関とも協議して地元自治体との連絡に当たっている。緊急時など重大な決定には東京の本庁内に置かれ地震火山部が、火山噴火予知連絡会の総合的判断に基づいて関わっている。

噴火予知連の関係者には気象庁の監視情報はもとより大学など研究機関から各地の火山活動情報が常に流されている。各地域で立入禁止や避難命令など拘束力のある指示を出すのは市町村長であり、そのために自治体の実務担当者は県の担当課や地域の気象台と連絡を取り合っている。

霧島火山は鹿児島・宮崎の県境にあり、宮崎地方気象台の役割も大きい。新燃岳東麓の宮崎県高原町では、溶岩の露出拡大と火砕流の恐れの内報を受けて、1月30日深夜に約500世帯 1100 人の住民に町長が避難勧告を発令した。幸い何事もなく数日後に解除され、気象台サイドからはそこまでしなくても良いのではないかという意見があったが、噴火予知が確実でない中で町長の決断は一つの選択であろう。

噴火予知連のまとめに基づく気象庁の火山活動情報は、殆ど自動的に自治体首長の勧告や命令になるので、その表現の分かりやすさは大切である。2003 年に 5 段階の火山活動度を導入し、2007 年には防災対応を分かりやすくした 5 段階の噴火警戒レベルに改めて現在に至っている<sup>7)</sup>

噴火警戒レベルは、平常でも火口内だけに注意が必要な噴火予報が出されるレベル 1、火口周辺規制のレベル 2、居住地域は含まないが入山規制のレベル 3、避難準備が必要な居住地域のあるレベル 4、危険な居住地域から避難が必要なレベル 5 がある。レベル 1～5

を表すキーワードは、「平常」「火口周辺規制」「入山規制」「避難準備」「避難」である。

このうちレベル 2~3 は火口周辺警報と呼ばれ、現在の新燃岳や桜島・諏訪之瀬島ではレベル 3 の入山規制が続いている。噴火警報は報道機関、都道府県、市町村等を通じて住民に通知される。噴火予報は、噴火警報を解除する場合や、火山活動が静穏な状態が続くことを知らせる場合に発表される。

1973 年の噴火予知連発足以来、1977、2000 両年の有珠山、1983 年と 2000-05 年の三宅島、1986 年の伊豆大島、1990-95 年の雲仙岳などの噴火では大規模な住民の避難が必要となり、その解除の時期の判断も迫られた。予知連と気象庁の実際の噴火対応については、科学的判断の妥当性や運用の問題がある。

迅速な対応で住民避難が成功したと評価される 2000 年有珠山噴火でさえ、東京と地元の組織関係、研究者と官庁組織の関係における官僚主義・秘密主義など多くの重い問題が、当事者として活躍した指導的研究者から指摘されている<sup>8)</sup>。日常の火山監視活動の展開と噴火に際して瞬時を争う総合的判断と防災対応、その為の組織の運用については、研究者や社会に開かれた議論のもとで改善を図ることが期待される。

噴火の緊急時には行政機関だけでなく住民や滞在者・旅行者にも指示や情報が伝わり、その意味が理解されることが重要である。そのためには情報公開と日常の啓発活動が大切であり、努力している火山研究者や民間人も多い。霧島ではジオパーク推進活動に鹿児島大学の火山研究者が積極的に協力する中で、火山知識の普及に努め噴火対策の必要性を力説してきた。このような活動は県境の火山を取り巻く自治体と住民の連携強化に役立っている。

自治体の噴火対策や啓発活動の基本として、全国の火山地域で火山防災マップの整備

と普及が進められた。霧島では過去の御鉢・新燃岳等の噴火を参考に規模や様式を仮定して噴出岩塊や降下火砕物・火砕流・溶岩流・土石流の到達危険地域が示され、小さな噴石等は代表的な風向として西風と東風の場合が書き込まれている。火山ガスについては噴出場所が挙げられている。火山防災マップは各家庭に配布され、観光サイトやホテルのロビー等にも掲げて噴火に備えることが期待されている。今回の噴火では、入山規制や交通止めがマップに書き込まれて活用されている。

## 5 原発事故の緊急対応は？

「霧島火山の北側の加久藤カルデラで巨大噴火発生！霧島火山が吹き飛び大火砕流で南九州は壊滅、火山灰が日本を覆う」という国家的危機を描いた科学小説<sup>9)</sup>は、数千年のスケールで起こりうるストーリーである。今回の新燃岳噴火で、もしさらに大量のマグマが供給されれば考えられる可能性である。

新燃岳の西 67km の川内川の河口南岸には九州電力の原子力発電所があり、出力 89 万 kW の原子炉 2 基が稼働している<sup>10)</sup>。そこに火砕流が達したら破局であろう。少なくとも厚い降灰や川内川を流れ下る大量の軽石に対する備えはこれらの原子炉に必須である。川内原発は桜島から西北西約 50km である。九州電力は津波に備えて電源車の配備を始めたが、さらに川内原発には噴火対策が必須である。

一般に、各地の噴火で試されて来た火山防災対策は、原子力災害などの危機対応の参考になる。無線操縦の火山観測車や小型ヘリの研究開発もなされている。雲仙普賢岳噴火では、溶岩ドームの崩落による火砕流に備えて無線操縦のブルドーザーが開発された。福島原発事故では構内各地点の放射線量を出来るだけ早くあらゆる方法で測定し、無線監視カ

メラを原子炉の内外に配置して事態の推移をつかむべきであった。平常時には、行政による放射線量の測定が原子力発電所の周辺でなされているが、構内の原子炉建屋内まで含めた監視とデータの即時公開に進むべきである。計測器のいくつかは非常時に耐える設計が必要である。

原子力発電所の異常発生を国や関係自治体等へ直ちに通報連絡する体制の建前があるが、実際には多くの遅れや隠ぺいが明らかになっている。社内の当事者がベストを尽くしても、細い連絡網では事故や急病で重要な情報が断たれる恐れがある。さらに、発生した非常事態にどう対処するかが最大の問題である。福島原発事故では、初動体制の遅れと失敗から始まり、水素爆発を回避する策もなく、放射能汚染水の海洋投棄に到るなど東京電力と監督官庁の危機対応の無策ぶりは目を覆うばかりである。所内と社内の緊急時体制、原子炉メーカーなど関連企業や電力各社の応援体制、監督官庁の関わりなど、放射線の危険に曝されて第一線で作業する人々の実態把握も含めて総括が必要である。

## 6 火山ガスと放射性物質の大気拡散

福島原発で水素爆発が起こり周辺住民の避難指示が出されてから、放射性物質の移流拡散モデル SPEEDI の情報公開の遅れが問題になった。SPEEDI は 1979 年の米国スリーマイルアイランド原発事故を契機に、日本原子力研究所（日本原子力研究開発機構に統合）で開発され、大気拡散モデルの一つとして関係学会でオープンに議論されていた<sup>11)</sup>。2000 年の三宅島噴火では、8 月 28 日の関東における異臭騒ぎのメカニズムをいち早く解明し、東海から関西・北陸・東北に達した火山ガス中の二酸化硫黄濃度分布予測を毎日インター

ネットで開催していた。その結果は各地の地表濃度データと比較され、モデルの良い検証の場となった。

福島原発事故に対する 3 月 18 日の学術会議緊急集会での田中俊一氏（前原子力委員会委員長代理）の講演では、住民・国民に対する情報提示の緊急の課題として、各所でモニターされた放射線量や核種および SPEEDI による評価の公表が挙げられた。さらに、今後予想される最悪の事態が起った場合の放射能の分布と被曝線量を住民に提示し、避難、退避の理解を求めるべきことが述べられた。ところが、SPEEDI のサイトには「ネットワークを介して文部科学省、経済産業省、原子力安全委員会、関係道府県およびオフサイトセンターに迅速に提供され、防災対策を講じるための重要な情報として活用され」とあるだけで、かつてのような国民への直接公開はない状態である。欧米の研究者が試算した放射性物質の拡散の動画がインターネットで出回ってから、12～24 日の推測積算値の分布図が 23 日に政府から公表された。遅れた理由は、放出量不明で、各地データからの放出量逆算に手間取ったとされている。

放射性物質の拡散をめぐる情報公開の在り方は大きな問題である。3 月 18 日、気象学会理事長は「適切な気象観測・予測データの使用はもとより、放射性物質特有の複雑な物理・化学過程、とりわけ拡散源の正確な情報を考慮しなければ信頼できる予測は容易ではありません。（中略）当学会の気象学・大気科学の関係者が不確実性を伴う情報を提供、あるいは不用意に一般に伝わりかねない手段で交換することは、徒に国の防災対策に関する情報等を混乱させることになりかねません。放射線の影響予測については、国の原子力防災対策の中で、文部科学省等が信頼できる予

測システムを整備しており、その予測に基づいて適切な防災情報が提供されることになっています。防災対策の基本は、信頼できる単一の情報を提供し、その情報に基づいて行動することです。」とのメッセージを出して会員の自制を強く促している。しかし、拡散に及ぼす気象条件や地形の影響について周辺住民に理解を求める努力や、拡散予測モデルの信頼性についてオープンな議論の必要はないのか、情報統制に近い過度の一元化は賛成できない。阿武隈高地と奥羽山脈で隔てられた福島県の農産物を一律に出荷停止するような乱暴な政策は、大気科学者が直ちに批判して改めさせるべきであった。

2005年1月まで4年半の全島民避難に及んだ三宅島の場合、気象庁の責任で下流の海上を流れる火山ガスのヘリコプター測定がなされ、島内では3点から14点に増強された自動連続測定結果が公開されて来た。帰島が始まって数年間は東と南西の2方向に高濃度地区が設定され、立入りと居住が規制された<sup>12)</sup>。

今回の事故では、原発を取り巻く観測体制を直ちに整備し放出量の推定を急ぐべきであった。放出源の近傍では全員避難が必要だが、風向と地表の放射線強度に注意して一時立入りと存命者捜索・遺体収容などが作業可能な所があったと思われる。放出源から離れても、特定の方向の狭い範囲に濃い汚染物質が遠くまで運ばれる可能性がある。放射性物質が降雨に取りこまれて地表に沈着し、風が変わっても危険地帯となる恐れもある。北北西に30km以上離れた舘舘村の事態はSPEEDI公表図に降雨を重ねて理解できる。天気予報の正確さについての国民の理解を信頼して、天気図や風と拡散予測の関係をオープンに議論すべきと考える。

## おわりに

活火山のもとでどう生活するか、研究者と行政・住民が参加する様々な場で議論されて来た。制御不能に陥った原発への対処や周辺地域の放射能汚染対策など原子力防災の課題は重い。企業と関係機関に閉ざされた情報と体制でなく、様々な領域の研究者が関わる国民に開かれた議論が必要である。

**謝辞：**新燃岳噴火の共同研究について、鹿児島大・熊本大噴煙研究グループの方々と東京情報大学の原田一平氏に深く感謝致します。

## 引用文献

- 1) 町田 洋：「火山活動の変遷と地形」『日本列島の地形学』（太田陽子ほか、東京大学出版会、2010）pp.86-98.
- 2) 井村隆介：「霧島火山の噴火史とハザードマップ」『月刊地球』25, 834-839 (2003). 井村隆介、小林哲夫：「霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動」『火山』36, 135-148, 1991
- 3) 木下紀正、富岡乃夫也、戸越浩嗣：『SiPSEによる3D衛星画像の作り方と読み方』（古今書院、2005）.
- 4) 下司信夫、宝田晋治、筒井正明ほか：「霧島火山2008年8月22日噴火の噴出物」『火山』55, 53-64 (2010).
- 5) 東京大学地震研究所広報アウトリーチ室『2011年1月 新燃岳（霧島火山群）の噴火』, 2011  
[http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201101\\_shinmoe/](http://outreach.eri.u-tokyo.ac.jp/eqvolc/201101_shinmoe/)
- 6) 木下紀正、土田理、永松哲郎ほか：「霧島新燃岳噴火の近赤外望遠観測と噴煙・黄砂の映像データベース」『第13回環境リモートセンシングシンポジウム』（千葉大、2011）：Volc 霧島新燃岳噴火2011 <http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/kiri/kiri11/kiri11top.htm>
- 7) 気象庁 火山  
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/tokyo/volcano.html>
- 8) 岡田弘：『有珠山 火の山とともに』（北海道新聞社、2009）.
- 9) 石黒 耀：『死都日本』（講談社、2002）.
- 10) 橋爪健郎編：『原発から風が吹く：地震、事故、立地に揺れる南の辺境』（南方新社、1998）. 中野行男、佐藤正典、橋爪健郎『九電と原発1』（南方新社、2009）.
- 11) 古野朗子、永井晴康、梅山信昭ほか：「三宅島、火山性ガスのリアルタイム広域拡散予測と解析」『大気環境学会誌』, 37 巻, 23-34, (2002) .
- 12) 木下紀正、飯野直子、金柿主税：「三宅島噴火災害と火山ガス動態研究」『日本科学者会議第16回総合学術研究集会予稿集』, pp.132-133 (2006).

**（きのした・きせい）**：鹿児島大学教育学部  
教育実践総合センター、環境物理学）