

季刊

消防防災の科学

夏
2022

特集

火山噴火災害に備える(その2)

■ 連載講座

連載(第54回)

デジタル時代は風度を武器に(2)..... 作家 童門冬二

気象情報を生かそう(第6回)

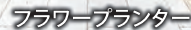
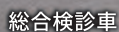
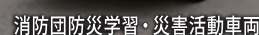
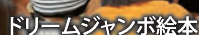
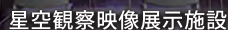
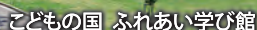
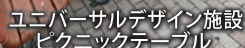
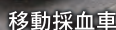
天気予報は分布予報・時系列予報.... 気象予報士(元気象庁) 饒村 曜

149

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。

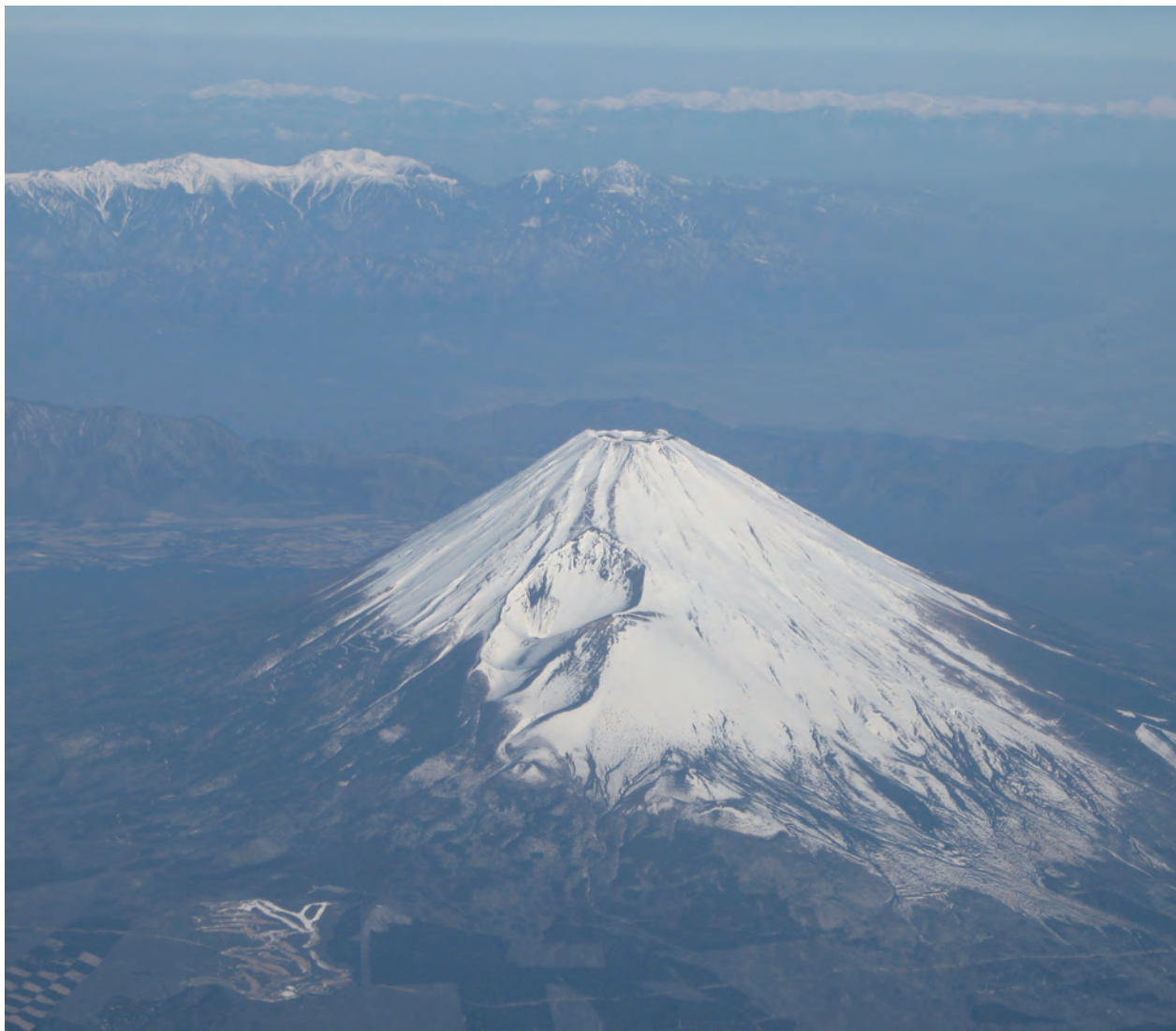




一般財団法人
日本宝くじ協会

<https://ila-takarakuji.or.jp/>

1707 年噴火で形成された宝永火口



撮影年月日：2011年2月23日

※ 宝永噴火の概要

宝永4年11月23日(太陽暦では、1707年12月16日)午前10時ころ、富士山は南東斜面より大噴火した。噴火は、12月9日未明まで16日間断続的に続き、新たに開いた宝永火口から噴出した火山礫や火山灰などの噴出物は、偏西風によって静岡県北東部から神奈川県北西部、東京都、さらに100km以上離れた房総半島にまで降り注いだ。平安時代の貞観噴火では、溶岩流を噴出する穏やかな噴火であったのに対して、宝永噴火は、粉碎された噴出物を噴煙とともに上空高く舞い上げる爆発的な噴火であった。(内閣府 広報誌「ぼうさい」NO.37(2007/1)より引用)

消防防災の科学

No.149 2022. 夏

巻頭随想

消防庁の災害統計に期待する

静岡大学防災総合センター 教授 牛山 素行 2

特集 火山噴火災害に備える（その2）

- 1 2000年有珠山噴火における噴火予知と減災対策
～特に、前回の噴火から噴火発生までの先手の減災協働～
北海道大学 名誉教授（火山物理学） 岡田 弘 5
- 2 蔵王山の火山観測と防災
東北大学大学院理学研究科 附属地震・噴火予知研究観測センター 教授 三浦 哲 16
- 3 富士山の火山活動と火山防災
日本大学文理学部地球科学科 特任教授 鶴川 元雄 22
- 4 伊豆・小笠原諸島の最近の火山活動の状況と今後の見通し
東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター 教授 大湊 隆雄 28

■地域防災実戦ノウハウ（112）

ーキキクルの改悪（「極めて危険」「非常に危険」⇒「危険」）で生じる問題ー

Blog 防災・危機管理トレーニング 日野 宗門 33

火災原因調査シリーズ（106）

配線器具の鑑識について

新潟市消防局予防課火災調査係 37

衛星画像を基にしたリアルタイム火災延焼シミュレーションプログラムの開発について

一般財団法人 消防防災科学センター 遠藤 真
国土技術政策総合研究所 岩見 達也 51

■連載講座

連載（54回）

デジタル時代は風度を武器に（2）…………… 作家 童門 冬二 59

気象情報を生かそう（第6回）

天気予報は分布予報・時系列予報へ…………… 気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 61

編集後記

カラーグラビア

1707年噴火で形成された宝永火口

バックナンバー

消防防災の科学バックナンバーは、右記の QR コードからご覧いただけます。



消防庁の災害統計に期待する

静岡大学防災総合センター 教授 牛山素行

●総務省消防庁「災害情報」の意義

総務省消防庁ホームページの中に「災害情報」というページがある。以下では「消防庁災害情報」と呼ぶ。ここには主な災害が発生する都度、都道府県別の被害概要や消防庁の対応状況などがとりまとめられた資料が掲載される。消防庁災害情報は、わが国の災害に関する最も基本的な「災害統計」に当たるといってよい。公的な災害統計としては国土交通省「水害統計」もあり、河川単位で詳細な情報が得られるなど貴重な情報源である。しかし、対象が水害に限定されることや、公開資料がいわば「確定報」のみで災害直後に情報が得られないといった特性がある。たとえば2022年6月時点の最新版は2019年の災害が収録されたものである。

消防庁災害情報は、ほぼ発災当日に第1報が公開され、以後逐次更新される。発災数ヶ月以内に概ね更新が止まるが、年度末など後日更新の場合もある。災害に関する報告書や研究論文などは発災から数ヶ月程度の間に執筆されるものも多く、消防庁災害情報はそうした場面で引用できる一次資料として極めて重要な役割を果たす。

●消防庁災害情報 黎明期の感動

消防庁災害情報には1995年阪神・淡路大震災が例外的に掲載されているが、網羅的な掲載は1999

年以降である。筆者が最初にこの情報を見たのは「平成11年6月23日から7月3日までの大雨」の時と記憶している。同年6月29日の広島県での大規模土砂災害と、その前後の梅雨前線による災害事例である。都道府県別の人的被害、住家被害数の一覧表と、人的被害発生状況の概略が、災害直後の段階で自由に参照できることに驚いたものだった。

この前年1998年8月に大雨（平成10年8月末豪雨）による災害があり、栃木県庁、福島県庁のホームページに被害に関する情報が掲示された。筆者の知る限り、これが災害時に被害情報が公的機関のホームページに掲載された最も初期の事例である。その前年1997年7月には鹿児島県出水市で大規模な土石流災害が発生したが、当時同市にはホームページ自体が存在せず、災害に関するネット上の情報は地元在住の個人発信のみという時代だった。それ以前となると、災害時に「都道府県別の人的被害、家屋被害数」を知るには、新聞の断片的な情報の読取りや、都道府県等への問合せくらいしか方法がなかった。

こうした黎明期から現在まで、消防庁災害情報が継続的に公開され続けていることに筆者は心より感謝している。自身の様々な論文等の執筆、講義、講演などで、消防庁災害情報は不可欠なものである。ただし、いささか残念な点もいくつかあり、以下に挙げてみたい。

●各事例の第一報からのアーカイブを残してほしい

消防庁災害情報のページには各災害事例名が示され、資料へのリンクがある。しかし、そのリンク先は「最新報のみ」である。Web上で逐次更新される情報を次々に上書きし、過去の情報が参照できないという仕様はよく見られるが、情報の扱い方として望ましいものではない。災害情報は事態進行中にだけ必要・有益なものではない。災害後には当時の状況を記録に残したり、確認して教訓を見いだしたりといった作業がしばしば行われる。どの時点で、どのような情報が判明・公開されていたのかという情報は、こうした際の客観的な記録として必要不可欠なものである。

実は消防庁災害情報の最新報以外のPDFファイルの多くは消防庁サーバ内に残っている。しかし、ファイル名が不統一、漢字とアルファベットが混在、一事例中で命名パターンが変わるなど、検索は容易でない。アーカイブとして使える工夫がほしい。

●市町村別の一覧表を提示できないものか

消防庁災害情報に掲載される被害情報は都道府県別の集計値が基本だった。ところが令和2(2020)年7月豪雨の際、7月6日発表の第6報から市町村別の人的被害、家屋被害数が示されるようになった。筆者が気づいたのは10日頃で、衝撃的だったことを覚えている。PDFファイルがA4サイズでない横長の特殊な形で視認性がよいとは言えなかったが、示された情報の質の面では高く評価できると思った。しかし、その後の災害では元の書式に戻り、市町村別の被害一覧は姿を消してしまった。

市町村別の主な被害の値は災害に関わる基本的なデータであり、報道や各種報告書等で必須の情報と言えるが、全国市町村を一覧できる公的情報

源が存在しない。各都道府県はこうした情報を公表していることが多い。しかし、都道府県のホームページは47種類バラバラな構造で、「市町村別の被害一覧」のありかを探り出すこと自体がまず至難の業である。探し出せても公表日時がまたバラバラである。災害直後は逐次更新されやすいが、早期に公表停止するケース、更新し続けるケースと様々である。近年は家屋被害の認定が数ヶ月後に大きく変化（床上浸水が減り全壊・半壊が増えるなど）することも多いが、消防庁の集計値が変化したが、都道府県の情報が更新されず市町村別の値がわからないというケースもある。時期を揃えた全国市町村の被害一覧というごく基本的な情報が、実は作成が極めて困難なのである。

令和2年7月豪雨の例を挙げるまでもなく消防庁には当然基礎データが集まっているわけである。せめてこのレベルでよいので、なんとか公開できないものだろうか。

●人的被害発生状況の簡略化はなんとかならないか

消防庁災害情報には人的被害発生状況の情報も示されているが、年々簡略化が進んでいる。初期の例として「平成11年6月23日から7月3日まで的大雨」をみると「29日 午前6時ごろ 長崎県芦辺町箱崎江角触で崖崩れ、家族5人のうち4人は自力で脱出したが、12歳の男子が死亡した」などとある。被害が多かった市町村では「安佐北区亀山で土砂崩れ4人死亡」のようにやや簡略化される場合もあったが、少なくとも「どこで、何歳の人が（あるいは人数）、どのように遭難したか」の概略はつかめる記述がほとんどだった。

ところが、2010年代中頃から様相が変わる。たとえば2015年の「平成27年台風第18号による大雨等に係る被害状況等について」では「常総市において、50歳代男性が水田の中で倒れているのを通行人が発見、現場にて死亡を確認」のように、

「年齢」が「年代」に略された記述が見られるようになった。年齢が詳しくわからないのではなく全員が「年代」に揃えられたのである。

2018年の「平成30年7月豪雨及び台風第12号による被害状況及び消防機関等の対応状況」ではついに「【山口県】岩国市2人、周南市1人」と人数のみになってしまった。この事例は直接死者と行方不明者で230人と被害が大きかったため特例かとも思ったが、その後の「平成30年台風第21号による被害及び消防機関等の対応状況」（死者14人）でも同様に、どうやら流れが変わったものと思われた。以後最近の災害でも形式は同様である。

この間に死者等の発生状況公表が法的に制限されたわけではない。現に、2019年台風19号災害時の福島県や、令和2（2020）年7月豪雨災害時の熊本県では、かつての消防庁災害情報より更に詳細な死者等の発生状況が県のホームページで公開さ

れている。

「災害の教訓に学ぶ、語り継ぐ」といった言葉はしばしば聞くところであり、異論は少ないのではなかろうか。災害で亡くなられた方が、どのような場所で、どのような状況で亡くなられたのかという情報は、「災害の教訓」の中でも極めて重いものと筆者は考える。そうした情報が年々簡略化されていくのは、社会にとってよい方向なのだろうか。これについても「なんとかならないものか」というのが筆者の率直な気持ちである。

最後に繰り返すが、消防庁災害情報が災害時に迅速かつ継続的に公表され続けていることには、心より賛辞を送りたい。その一方で、もう一步、育ってほしいとも強く願いつつ、筆を置きたい。

□2000年有珠山噴火における噴火予知と減災対策

～ 特に、前回の噴火から噴火発生までの先手の減災協働

北海道大学名誉教授 岡 田 弘 (火山物理学)

1. はじめに

災害直撃を受けないためには、それまでに何をどう学びどうそなえ続けたかが肝心である。明治日本で始まった世界の地震学・火山学を起点として我々は科学技術の発展と減災協働による安全な文化国家を追い求めてきた。では、噴火予知の成功例とされる2000年有珠山噴火で実際はどうだったのか。噴火に至るまでの減災協働の立ち上げ期に焦点を当て、どう考え何にどう取り組みどう役立ったかを改めて振り返ってみる。

2. そなえの時代に何をしていたか？

北海道大学の石川俊夫・横山泉・勝井義雄教授らの火山学者らは1970年北海道防災会議地震火山災害対策部会の中に火山対策専門委員会（事務局道庁総務部防災消防課）を設立し先駆的な減災対策に着手した。火山専門委は「将来の噴火予測と防災対策」を掲げ防災手引書の作成を進めた（当初6年で主要5火山延べ846p）。

一方、文部省測地学審議会の建議で1974年に火山噴火予知計画が発足、機関連携と的確な情報発信のため火山噴火予知連絡会を組織した（事務局気象庁）。この計画で1977年4月北大に理学部付属有珠火山観測所が発足した。しかしその8月いまだ施設未整備のまま1977年有珠山噴火（以後77



洞爺湖温泉からみた1977年有珠山噴火（木下写真）

年噴火）を迎えた。

こうして、①「道庁防災消防課を通じた地元への減災助言」と②「気象庁への火山情報支援」という二つの減災システムが1970年代初めに確立された。その後住民避難を伴う77年噴火や1988年十勝岳噴火等の現場で試され経験を蓄積し、道内火山の科学的減災助言の司令塔の役を果たしていた。2000年有珠山噴火でもこれが再び大きな役割を担

う。当時筆者は有珠火山観測所長で火山専門委員と火山噴火予知連幹事を担当していた。

77噴火以後有珠山麓では、噴火はもう終わったし観光に支障がでるとまずいのでよいなことは言うなと地元では事前防災拒絶一色だった。だが、ほとんど絶望的にみえた「拒絶から減災協働への変革」への転換は実はゆっくりと進み始めた。

粘り強い多様な取り組みがその変革を支えた。

①火砕流履歴の解明（事前対策必須）、②内外の噴火危機続発と火山観測所の対処経験、③登山学習会や子供郷土史講座（壮瞥 83-）など地元主体の多彩な減災文化活動、④研究者側では減災協働欠落が大悲劇につながった1985年ルイス山大災害とその教訓が生きた十勝岳88年噴火、⑤国もルイス山や86年伊豆大島全島避難で学び、火山のハザードマップ整備方針に踏み切り、⑥91年雲仙岳噴火でメディアや住民も「火砕流は怖い」と学んだことなどがその理由だった。

十勝岳が活発化を示す中で、勝井教授の指導による住民防災マップの全戸配布（86-87）や避難訓練、北大の新たな観測強化（85-88）などの中で88年噴火を迎えた。火砕サージや小型火砕流が発生し住民避難になったが、防災マップによる事前からの危機感共有が功を奏し減災協働が大きく進んだ。89年国は火山砂防計画をスタートさせ、その後ハザードマップが全国火山に広まっていく。

さて、避難となったクリスマス島の噴火では、下鶴大輔予知連会長と事務局の小宮学調査官が来道し、北大の勝井教授や岡田らとともに対策に奔走した。4人は4日間現場で行動を共にし、上富良野町・美瑛町・消防や陸上自衛隊上富良野駐屯地等の強力な支援のもとで現地調査を展開し、火砕流発生を確認した。深夜にホテルにこもり社会へどう伝えるか論じ小型火砕流発生という会長コメントをまとめ臨時火山情報でこれを公表した。

伊豆大島、ルイス山、十勝岳と内外で火山災害が続発する中、各地で消防組合と損保協会主催の防災講演会がもたれた。十勝岳上富良野（1989、500人）と有珠山伊達市（1990、200人）は満席でとても熱気があった。伊藤和明氏の伊達講演では「一番危険なのは洞爺湖温泉で次はここで噴火するかも」との指摘に会場はどよめいた。主催者の一人大坪署員はその後市総務課長として2000年噴火で活躍された。

十勝岳噴火から3年後の雲仙岳噴火でも、初めは「小規模な火砕流」で、二日後に作業員が火傷するに至り太田一也九大島原地震火山観測所長と下鶴会長は観測所で緊急会見をもち火砕流に厳重な警戒を呼び掛けた。小宮調査官の姿がここにもあった。また、岡田幹事も議論にfax参加した。

翌27日の地元朝刊は一面トップ記事で「全面避難が必要」と厳重警戒を訴えた。予知連は30日の



北西上空から望む有珠山と白煙を上げる2000年噴火の二つの火口域

定例会で統一見解「活動は継続中で嚴重に警戒」をまとめた。しかし平凡な表現に留まり、内外の事例から懸念されるドーム活動に特有な急変リスクをこの千載一遇の機会に伝えることができなかったことは、未だに悔しい思いで一杯である。

91年6月3日の雲仙岳の火砕流で43名が犠牲になった。被災地点は立ち入り規制域内だったが、勧告に法的強制力はなく多くはスクープ狙いの報道陣と泥流監視の消防団員たちだった。有珠山と共に歩いた欧米の学者3人も命を落とした。

この災害は日本社会に衝撃を与えた。防げた災害だったからである。島原市に翌日納品予定だったハザードマップもその危険域を明示していた。ほとんどの国民が知らなかった火砕流という難しい術語が一日で日本中に拡散した。

ハザードマップ拒絶中だった有珠山も衝撃を受けた。洞爺湖温泉の住民や観光業者たちは関心を持ち始め火山観測所を訪れ「ハザードマップは本当に役立つのか？」と尋ねた。見学会や学習会の取り組みも始まった。

虻田町長は雲仙被災一年後の防災ラジオデーでこう語っていた。「復興もようやく軌道に乗りほつとしている。この観光都市で有珠山に触れるのはタブーだ。なるべく噴火を忘れたい。ハザードマップはまずいので見せないようにしたい。」さすが足元ですぐ異論が噴出した。「あの言い方はもうまずいとうちの町長に伝えた」とある町民は私に耳打ちした。町長にはそんなことは当然、ただ住民と地域を守っただけとおっしゃるだろう。

岡村町長は町民が火山に関心を寄せ始めたのを



西胆振消防主催の講演会で岡村町長が舵を切った

見逃さなかった。91年5月に執筆開始の随筆36回分にその軌跡が残っている。当初は77噴火と復興を論じたが、93年奥尻津波災害以後テーマは急変し火砕流や観光と防災を正面から論じた。

岡村町長は観光最盛期の94年8月8日、胆振西部消防と婦人会主催の防災講演会で町民400人に語りかけた。「わしは最近よく夢を見る。次の噴火の時墓前に被災者が集っていた。墓石をずらして聞き耳を立てた。『前の町長は復興で頑張ったが、次の備えがなくてしっぺ返しを受けた』と町民らが嘆いていた。もういきさつにこだわらず防災に取り組もう」と呼びかけた。会場は静まり返っていた。観測所長も事前対策が多くを助けた世界の実情を国際学会の啓発ビデオを用いて紹介した。観光都市が拒絶から受け入れへ転換した瞬間だった。

隣の壮瞥町は昭和新山50周年事業に3年間取り組んでいた。総まとめは地域連携の国際火山ワークショップだった(95年10月、21カ国458人)。この機会にハザードマップが配られた。阪神淡路大



北大の有珠火山観測所が中核となった平時からの様々な事前対策が役立った(岡田撮影)

震災は平時からの減災協働の流れを全国各地で強めていた。

ある防災講演会で最前列に陣取る年配の消防団員が直球質問を投げかけた。「次の噴火は何日前に教えてくださいませんか？それが分からないと消防団は動けないんです」。観測所長は分からないとだけは言うべきでないと信じてこう答えた「一番確実な前兆は火山観測所員の異常行動です。見ていると分かります」。そして実際はどうなったか？後半をお読みください。

備えへの大きな障害が除かれた結果様々な減災協働が地域で進んだ。だがなお一抹の不安を覚える中、その日は突然やってきた。

3. 2000年有珠山噴火の前兆が始まった！

3.1 注意報段階（2000年3月27日～28日）

2000年噴火当時、有珠山北麓に位置する有珠火山観測所は組織替えて北海道大学大学院理学研究科付属地震火山観測研究センター（島村英紀センター長）の一部だった。観測所は現地に24時間人員を配置し23年間にわたり道内5火山などの研究観測を地道に続けていた。定員は教授職の現場責任者（以後火山観測所長と呼ぶ）ら5人だった。

2000年3月27日夜有珠山で地震が急増した。春は年度末の送別会の季節でキーメンバーたちも例外ではなかった。情報発信元の室蘭地方気象台長らは二次会の席で地震急増の報を受け気象台へ駆け戻り対策の指揮に当たった。台長赴任以来気になっていた監視室の入り口に掲示されていた前回の前兆地震パネルと全く同じ地震波形が目の前で次々と記録されていた。札幌管区気象台（札幌管区）と協議し「地震増加、深夜に情報の可能性」と胆振支庁へ急報を入れた（22:30頃）。

有珠火山観測所も札幌管区の連絡で記録を確認し所長に急報した。所長は自宅を出る際壮瞥町役場の田鍋敏也企画調整係長（4／1より同課長、現壮瞥町長）宅へ電話し「有珠山で地震急増、観

測所は臨戦体制に入る」と伝えた。田鍋係長は6年前から火山学会員で地域防災のキーパーソンだった。

非公式情報を得た田鍋係長は直ちに防災担当を伴い観測所へ向かい朝までさまざまな情報を幹部へ報告し続けた。だが山中漠壮瞥町長は送別会の梯子中でようやく連絡はとれたが対応は幹部に任さざるを得なかった。07時に登庁したが午前中は二日酔いと火山対策で死に物狂いだったと遺稿となった手記に綴っている。だが壮瞥町は長年の先手の備えを生かして素早い臨戦態勢に入った。

北大と札幌管区は火山情報の準備にかかった。地震は小さく深いので一番警戒レベルの低い火山観測情報が最適と助言した。前年の樽前山地震多発時と同じだった。有感地震の際のレベル切り上げ方針も打ち合わせた。

北大は次に道庁防災消防課へ一報した（00:50）。①有珠山が23年ぶりに活動開始、②地震活動はなお増加中、③震源は山体北西部でやや深い、④北大は重大な関心という内容だった。これから受け取るであろう深夜の火山情報をどう読むか専門委の思いを減災の要に前もって直接伝えることで迅速な減災協働につながるはずと考えた。通話中に火山観測情報第1号「有珠山で小地震増加、今後の情報に注意」（01:50）が発表され防災関係者注意の段階に入った。

その直後有珠山は有感地震という次の手を打ってきた。洞爺湖温泉の住民で虻田消防分団部長の



最初に有感地震通報を受けた西胆振消防署

奥山耕一さんから西胆振消防署への通報で判明した。「寝ていると地下から突き上げる震動を感じた。前回の噴火前の地震に似ている。どうなっているのか」という問い合わせだった。その際「火山観測所の岡田先生に尋ねたら何か教えてくれると思うよ」と奥山さんは付け加えた。彼は23年前の77年噴火体験以来防災に関心を持ち続け、消防の防災講演会等で岡田らの存在を知っていた。

通報を受けた矢野署員は手記でこう述べている。午前1時40分頃泉庁舎で電話を受けた。まさかと思ったが有珠火山観測所に問い合わせた所、「私個人の意見ですが近々噴火すると思う」と返答を得た。23年前の噴火が頭を過り仮眠中の全職員を起こした。これが噴火時の消防活動の始まりだった。

消防の問い合わせに岡田は一瞬当惑した。火山情報が噴火注意さえ明確に記述していない段階で先走った読みを伝えるのをためらったからだ。だが、やはり防災最前線に立つ実働部隊にはなるべく早目に我々の考えを正確に知ってもらうべきと考え直しこう答えた。「地震はなお増加傾向、気象台も北大も緊張して見守っています。有感地震発生となれば更なる注意が必要なので今後の火山情報に注意してください」と解説し、まだ私個人の考えと断った上で「有珠山は有感地震多発の場合噴火に至る癖があるので今後噴火の恐れがあると思います」と強い懸念を伝えた。

北大は有感地震発生を直ちに札幌管区へ伝えた。有感地震発生で噴火の可能性が高まり、打ち合わせ通り臨時火山情報が必要になったと判断したからだ。科学者の思いを直に責任者に伝えて理解を得ることが最善と考え更に次の手に踏み切った。観測所長は予知連事務局担当の東京の気象庁本庁火山課の小宮学課長へ直接電話を入れ「有感地震多発の段階で、過去と同様噴火は避けられない段階」と伝えた（02:10）。また、文書ならばより確実に真意を伝達できるはずと考え、その際のやり取りや今後の注意事項を「北大メモ」にまとめた。

88年十勝岳噴火と同じ対応だった。「次期噴火の前兆は既に始まっている可能性が最も高い」と述べた北大メモ（02:15）は、大学・気象台・道庁・地元行政などの間で素早く共有された。

気象台は注意報相当の臨時火山情報第1号を02:50に発表した。だが、噴火の可能性には直接触れず、「地震が増えており今後の火山活動に注意」とかなり口ごもったトーンだった。これでは防災関係者は動けないと感じた。だが、いち早く道庁は03:30災害対策連絡本部を立ち上げた。

朝にかけて有感地震が更に増加し遂に小宮火山課長が動いた。井田喜明噴火予知連会長と連絡し緊急幹事会を10時半に開催した。幹事会は「今後数日以内に噴火の可能性があり、火山活動に対する警戒が必要」という歯切れのよい見解をまとめた。この見解は臨時火山情報第3号で公表された（11:55）。時期を明示し噴火の可能性に直接言及した火山情報はかつてない極めて異例なことだった。これなら皆が状況を理解できるし動けると私は感じた。入庁以来23年間、小宮課長の火山との苦闘の歴史が産み出した魔術のように思えた。国土庁や建設省・北海道開発局など国も即応体制を強めた。



28日午前、北大の火山観測所による役場での説明会

その頃地元の壮瞥町は火山観測所長による火山活動状況説明会（第一回）を役場で開催した。地震の増加と今後の情報に注意だけではどう行動すべきか判断できず詳しい解説を求めている自治体・消防・警察・取材陣など約50名が詰め掛けた。

「地震増加に加え有感規模も多発し、従来の噴火前と似た経過をたどっている。今回も噴火に至る可能性が高いので、最初の一撃を受けないよう

ハザードマップを取り出し備えて欲しい」と皆で噴火に備えるよう観測所長は訴えた。

3.2 直前警報発令（3月29日～31日）

翌29日朝にかけて地震数・地震規模は更に増大した。岡田は小宮課長へ再び電話し「噴火切迫段階」と伝えた（08:25）。地震規模は、前回の前兆地震の最大値に迫りもう噴火してもおかしくなかった。火山課長もやはり同じ考えだった。課長は再度緊急幹事会を開催し今度は警報相当の緊急火山情報に踏み切る予定と北大へ伝えてきた（09:46）。

10時開催の緊急幹事会は再び見解をまとめた。「最大地震が M3.5 を記録するなど、地震活動は時間を追ひ活発化しており、今後数日以内に噴火する可能性が高くなっている。火山活動に対する警戒を強める必要がある」と歯切れよい文面だった。

この動きを受けて政府は官邸危機管理センターに官邸連絡室（10:15）を、道庁も有珠山火山活動北海道災害対策本部（10:30）を立ち上げた。気象台は幹事会見解を緊急火山情報第一号で 11:10 に発表した。噴火の発生前に警報相当の緊急情報を出したのは初めてだった。

幹事会が開催されていた頃、二回目の火山活動状況説明会が壮瞥公民館で開かれた（11:05）。観測所長は、「地震活動は活発化を増し噴火はかなり切迫している。前兆地震の最大規模は前回に迫りもういつ噴火してもおかしくない。過去の前兆の多くは 3～5 日間継続した。従ってここ一両日が非常に重要な時期で今日を含めてここ三日位長くても一週間の間には今後の活動が見えてくるだろう」と噴火警戒を強く呼び掛けた。

火山専門委は防災ヘリによる現地調査のため天候回復を待っていたが、噴火切迫で急遽 29 日 16 時から壮瞥商工会館で緊急に会議をもった。道庁は地元 3 市町長の出席を特別に求め、東京からも予知連の井田会長、渡辺秀文幹事、山里平事務局員が駆けつけオブザーバー参加した。

宇井座長がこの会議前に観測所に立ち寄った際二人は初めて向き合い直接意見を交わした。相談の結果リスクが特に高い洞爺湖温泉地区が議論の中心になるはずと長崎良夫町長に事前に耳打ちすべきだろうと考え、岡田が電話で町長に説明した。

この説明や専門委の議論は町長には寝耳に水だった。万一の場合の小さな岩なだれやごく小規模な津波さえ議論の対象になっていたからだ。長崎町長は危機切迫を初めて肌身で感じ、「これは大変だ、本腰で対策に当たらねば」と身を引き締めたと後に語っている。

宇井・岡田らは会議後の記者会見で噴火シナリオとして、①北西斜面噴火、②山頂での火砕流噴火、③地点を変えた山麓での水蒸気噴火やマグマ水蒸気噴火の想定を示した。「有珠山の活動は短期決戦型です。ここ一両日或いは 3 日、長くても一週間程度というその中で噴火する確率が非常に高い」、と更なる噴火警戒を呼びかけた。

一方この裏で道庁の吉田総務部次長は会議後 3 人の首長を別室に引き留め、「避難勧告を強制力を伴う避難指示に切り替えるべきではないか」と促した。避難指示の権限は首長にある。だが次長は「決断の重さ」を察しあえて口を出したという。首長らも同意し 18 時 30 分広域避難指示に切り替わった。

小笠原胆振支庁長は後に専門委の役割をこう評価した。「この会議の特徴は、専門家からの強い要請で責任者である三首長の出席を求めて開催され、危機に際し最も的確に状況を把握する者が責任者に直接語りかける重要性を説いたものだ。首長らは差し迫ることの重大性・緊急性をこの会議で正確に認識でき迅速なその後の避難対策につながった。また首長らと専門家の間に太いチャンネルができ、きめ細かい的確なアドバイスがもたらされた」（増田 2001）。

避難指示の発令で道庁は有珠山火山活動北海道現地災害対策本部を設置（18:45）、政府も有珠山現地連絡調整会議を現地で二回開催した（18:55）。

と20:18、於伊達市役所)。ここに例を見ない本格的な総合減災協働体制で噴火を迎える体制がスタートした。

国土地理院は30日朝06時つくばと札幌で異例の早朝・同時記者発表を行い、有珠山を囲むGPS3点測量で、29日深夜にかけて三辺が共に約1cm伸びたと報告した。マグマが有珠山を押し上げている確実な証拠だったが説明は歯切れが悪く火山情報での解説もなかった。だがこれはこの日から噴火開始に向けてその後続々発見されていった目に見える地割れや断層変動域拡大の序曲だった。

30日午前天候が持ち直し、火山専門委らは自衛隊ヘリの支援で念願の山頂部調査を初実施することができた。昨夕来の激しい地震連発で外輪山の一部で僅かな積雪落下跡が散見されたが、一見したところ大きな異変は認められない様だった。

だが、最後に現場を離れる際機体が傾き光線の加減か雪面の割れ目が浮き上がった。勝井教授が「あっ、あれあれ!」と指さす林道と北西外輪山の交差点付近の100m程の範囲で雪面が数ヶ所割れて開いていた。「マグマはここを押していたのだ。やっぱり山頂噴火か!」、3人は無言で目配せし合った。

対策本部で丁寧な説明をと昼食時にめずらしく意見を交換しビデオの再生準備をした。だがまずは事実だけでもと小宮課長に警報扱いで頼むと急報を入れた。過去3回の噴火時に常に変動を示していた洞爺湖温泉西部の火山性活断層域でも前回と同様な左横ずれ変形が発見という新たな報告も入ってきた。

気象台はこれらの地変を受けて緊急火山情報第二号(13:20)を素早く発表し、火山課長は本庁での記者会見で「有珠山の第四象限(北西)域に目に見える地殻変動が発見され更に厳重な警戒が必要」と呼びかけた。

同じ頃現地対策本部でもヘリ観察の報告会がもたれた。三人の専門委が解説に立ち勝井委員がビデオ映像で新断層群を説明した。大変気がかり

だったのは山頂の新断層群に隣接する北屏風山が、1977-1982年の活動後期に断層でズタズタに破壊され北西側に50m以上もじわじわと押し出され、外斜面でも地熱帯が発達し続けた要特別警戒域だという認識だった。従ってもし本格的なドーム活動がここで始まれば北屏風山の小崩壊も懸念され、低確率大災害の岩なだれや小津波さえ視野に入ってくることになる。これらの懸念も隠すことなく率直に解説した。

午後には更に壮瞥温泉の湖岸道路でも右横ずれ変動発見という報告が入った。やはり前回も動いた変動地点だった。北西外輪山を頂点に北に開く扇形変動域の全体像がほぼ定まったかのように思えた。地殻変動域が刻々拡大する状況に、研究者らは夜に入り再び災対本部に集まり活動経過をじっくり検討する機会をもった。

議論の結果改めて社会へ危機感を伝える必要を確認した。当時研究者らは個別取材をことわり対策本部でのみ解説や質疑に応じていたが、深夜なのでNHKテレビの取材に応ずる形で予知連委員でなかった勝井教授に特別に解説を依頼した。解説は22時の「ニューステン」で放送された。深夜だったが気象台も素早く対応し本庁で火山課長自らが再び解説(22:30)に立ち、また火山観測情報(22:35)を特別に発表して警戒を呼びかけた。

31日朝テレビや朝刊は北に開く扇形変動域で噴火がさし迫っていると昨夕までの状況を伝えていた。地震活動はかなり低下したが、昼頃にかけて再び新たな地殻変動の動きが見出されていた。

前日に比べ北～北西麓の地割れは大きく拡大し、加えて西側山麓の国道や町道沿いで激しい地割れや断層群が新たに発見された。水道管が破壊され修復工事が行われていた。虻田町の手側市街地の一角でも地盤変形が見つかった。西麓における顕著な地盤変動はかつて経験したことがなかった。どうも今までと様子が違うと皆は感じ始めていた。

ヘリによる山頂観察では前日発見の山頂北西部の断層群も著しく発達していた。加えて小有珠



前兆は地震から地変へ。陸自ヘリで調査し、災対本部で噴火切迫・嚴重注意を呼び掛ける。

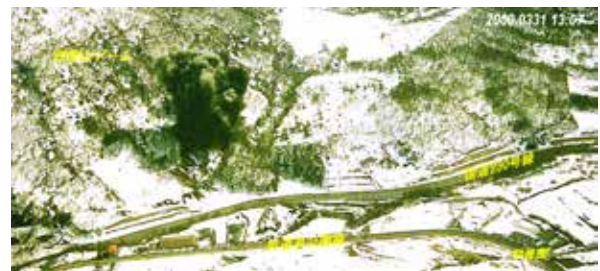
ドームの南斜面を水平に横切る開口亀裂群が新たに発見された。「やはり本命は山頂だ！もう最終段階だ！」対策本部に戻った研究者らは火山課長に連絡し、説明会で噴火切迫を訴えた。緊急火山情報第三号（11:50）が発表され、12時から本庁で火山課長が解説に立った。（なお小有珠は既に30日には割れ始めたことが後に明らかにされている）

臨時観測による計測成果もようやく発表に至った。金比羅山麓で約50cm隆起・約90cm水平移動ととんでもなく大きな変動量だった。地理院のGPSデータも伊達壮瞥間で2cmの伸び、西側では反転の動きだった。これらの情報は噴火開始6分前の火山観測情報21号（13:00）で「浅部マグマが著しく活発化、噴火更に切迫」と伝えられたが断片的なデータ羅列が目立ち何をどう言いたいのかかなりあいまいな文面だった。火山情報の「正確性と的確性」はしばしば直面する困難な課題である。

4. 西山麓で噴火開始・・事前避難で死傷者ゼロ

緊急火山情報第4号は「13時10分頃有珠山が噴火しました」（全文）と伝えた（13:16）。速報値だった噴火開始時刻は7か月後に13:07に訂正、後の詳細解析で13:06と決着をみた（岡田2015）。

十数人が新火口から数百mの至近距離で噴火に遭遇した。一番近くにいたのは退職した火山学者



最初の噴煙（朝日航洋、高貴撮影提供）



消防・警察・自衛隊は強力な減災支援隊だった

を伴う東京からの取材陣で、調査のため町長手配の消防の救急車で規制域へ入っていた。国道の断層地点で調査中400mの至近距離で噴火に出会った。斜面から押し出す薄い噴煙を何とかかわせたかと思った瞬間小石がバラバラと救急車の屋根をスクールの様に襲ったという。幸い噴石はまだ小

さくけが人はなかった。取材映像に残る初期噴煙は後の噴火開始時刻の再検討に役立った。水道管修理や監視カメラ設置チームなどに加え上空のヘリコプター数機も無事退避できた。死傷者は皆無だった。

噴火は小規模で初めの1時間で4回ほど衰勢を繰り返した。大量の噴石が西～南西方向へ噴き出し国道や町道、畑や建物に降り注いだ。着地の際土砂を激しく吹き飛ばす映像を見るとじゅうたん爆撃そのものだった。1mを超す大きな噴石もあった。幼稚園の屋根や畑は噴石で穴だらけになった。

もし事前避難が行われていなかったらそこは避難車両が渋滞し修羅場と化したに違いない。事前避難がいかにか貴重な行動だったか、今はジオパークの災害遺構となっている噴石が襲った幼稚園跡を訪ねて是非学んでいただきたい。



激しい噴石が幼稚園（左）や国道（右）を襲った

噴火が確認されると現地災害対策本部は大騒ぎになった。だがそこには減災協働に必要な実行部隊の面々が先手で待ち構えていた。また自衛隊や開発局のヘリコプターが上空から刻々の映像をリアルタイムで送り込んでいた。当時の対策本部の様子は荒牧教授のビデオ記録などに残されておりいきさつはかなり復元可能だ。噴火地点の確認は対策本部での目視とヘリからの受信映像により西山西端の国道の近くと即断できた。

現地調整会議は専門家の助言で前日から2回ハザードマップを見直し避難域を西拡大していた。火口が開いたので更なる退避拡大が必要かが問われた。メンバーたちがハザードマップを囲み関克己内閣危機管理監の指揮のもとで議論する映像が

残っている。人口が多い虻田町本町側で危険域拡張が必要だった。若干迷う点もあったが市街地全域が対象という結論になった。電話輻輳のため最終判断を担う虻田町長とは一時連絡不能だった。

避難域拡大ならば避難者の緊急大輸送作戦が必要となる。唯一の国道は日祭日でも渋滞するので研究者らは避難列車作戦を提案した。1929年の駒ヶ岳の火砕流噴火で実績がある対策だったが、1996年の54年ぶりの駒ヶ岳の小噴火時に確かめたところ、今のこのご時世では無理と一蹴されたことがあったが、無理は承知での提案だった。

危機管理監は派遣要員を通じて直ちにJR北海道へ協力を要請した。札幌のJR運行管理課は近くを走る臨時特急北斗15号に救援列車として現地へ向かえと指示した。長万部で下車させられた180人の乗客はとても協力的で5台のバスで札幌へ向かった。133人を乗せた避難列車第一便は18:15に長万部に到着した。すごい！みんなの理解と協力で作戦は本当に実現したと感動した。

噴火活動は13:55頃最盛期を迎えた。噴煙塊は風下に大きく流され14時に上空3200mに達した。

火口縁で風下方向の隣接域にずれ始めた噴煙塊の根元下方にはえりまき状の小噴煙が見られた。

係員が14:08頃対策室に駆け込み火砕流発生報告ありと告げた。研究者らは中継ヘリ映像で木々倒伏や焦げ跡がないことを確認し噴煙形態や地下水環境から火砕流は発生していないし、この程度の小噴火ではその心配もないと伝えた。次いで14:17市議会場で噴火状況について専門委3人が記者会見に当たった。「一部火砕流という報道もありましたが、火砕流はこのような噴火で心配する必要はございません」と全国に生中継された。一部の夕刊には「大規模火砕流発生」や「海の方へ火砕流」の見出しが躍った。

噴火予知連は有珠山部会を発足させ、国は非常災害対策本部に切り替えた。中山本部長の現地到着を待ち19:20に39機関62名で第一回非常対策本部合同会議が開かれた。後にミニ霞が関と呼ばれ



噴火開始時には現地対策本部にそろっていた実行部隊が様々な減災協働に取り組んだ。

る強力な危機対応体制が整った。きわどい例もあったが死傷者ゼロで噴火を迎えることができた。

現地対策本部長を務めた増田敏男国土総括政務次官は、かつて熊谷消防団員として1951年から約31年間火災や災害現場で活躍した経歴があった。噴火相手では話が違ふとはいえ、いったん責任者になった以上指示待ちはできない。淡々と連携を強め応急対処を素早く進め信頼を得る他ないと決意し、徹底的な情報公開方針のもとスタッフらが活躍し易いように努めたという。約50年前に消防で培った経験とその精神が脈々と流れていた。

ここまで2000年有珠山噴火開始時までの減災協働の流れを火山学者の視点から手短かに振り返った。舌足らずの部分は後述の文献が参考になろう。

5. まとめにかえて・・過去に学び、今何を！

2000年有珠山噴火の減災対応を考えると、先立つ23年間はとても貴重な期間だった。ちょうど火山噴火予知計画が発足し、世界でもセントヘレンズ山・ルイス山・ピナツボ山と続いた火山災害へのチャレンジが始まった時代で、日本でも観測の現場で人材が育っていた。私や相棒になっていた小宮さんや宇井さん、観測所に直ちに駆け付け強力な支援をいただいた北大地物教室の大島弘光さんたちはその時代の荒波に育てられたと言えるだろう。

私が77年噴火で専門を変え火山畑に飛び込んだ時とても気になることがあった。火山学者たちが

何故か常に口ごもりはっきり物を言わない姿は異様に思えた。だがルイス山噴火の頃東大新聞研の田崎篤郎教授から聞いた話でそれは氷解した。

田崎教授によると災害情報学では危険情報は社会不安をあおりパニックになり易いというのは間違いで、幾つかの条件が全てそろふ特別な場合のみパニックとなる。一般にパニックは起こり難く住民は不安感・恐怖感をもちかつ連携行動で逃れる道を見出せる時のみ避難に踏み切るというのだ。

1998年に勝井教授が開いた2日間のシンポジウム「災害情報を考える」で再び田崎教授の話を伺った。参加者に火山関係者が多くあたかも二年後の有珠山噴火に備えた訓練の様だった。講演記録(田崎1998)などが今 web 版で読めるのはありがたい。



平時からの減災協働の正四面体の関係構築が役立った

また、理学者は社会との摩擦を特に嫌い自分の世界に籠り勝ちだが、それでは防災に繋がらない。減災協働を広め深めるには根気よく理解を得る継続的な努力と熱情が欠かせない。火山の減災協働を率いたピーターソン博士(1988)は、火山学者は観測や解明に注ぐ以上の熱情で啓発とコミュニケーションに取り組むべきとかねてから指摘して

いる。地域は「減災協働の正四面体」(岡田・宇井1997)の考えで官学民メディアによる地域連携を進める中で2000年噴火に向き合った。

本稿では事前の学びと備えを基に、危機突発時の的確な初期情報の発出と素早い減災協働構築の重要性を論じた。このことは平時の啓発と初期消火重視の消防活動とも通ずるだろう。次の噴火は今何をしているかにかかってくる。時間・空間を思い切り広げ、内外の実体験を掘り起こし学ぶことも重要だ。ミルン・関谷・大森・今村教授時代から続いてきた先人たちの貢献と減災への情熱は時代や地域を越え引き継がれ、今ようやく世界各地で花開きつつある。有珠山でもジオパーク活動や火山マイスターたちが活躍する時代となっている。次も官学民メディアの減災協働で「よかったね」と皆で言いたいものだ。(死者86名の有珠山1822年大火砕流災害から200年目の年にこれを記す)

【参考文献】

- 荒牧重雄2021 噴火した！東大出版会271p
増田敏男2001 三日で解決せよ。時事通信250p
内閣府2001 2000年有珠山噴火対策活動の記録.122p
太田一也2019 雲仙普賢岳噴火回想録。長崎文献社434p
岡田弘 2008 有珠山 火の山とともに。道新326p
岡田弘 2021-202(人物史でたどる減災協働史関係)
かいはいつ広報687

https://www.hkk.or.jp/kouhou/file/no687_disaster.pdf
かいはいつ広報689

https://www.hkk.or.jp/kouhou/file/no689_disaster.pdf
かいはいつ広報692

https://www.hkk.or.jp/kouhou/file/no692_disaster.pdf
地域防災38

https://www.n-bouka.or.jp/local/pdf/2021_06_34.pdf
壮瞥町2002火山との共生をめざして43p

https://www.town.sobetsu.lg.jp/uploads/Mt.Usu_eruption_2000.pdf

田崎篤郎1998 災害情報と避難行動。札学大紀要8-1, 7-30.

https://sgul.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1221&file_id=18&file_no=1

(追記)

(なお小宮学氏は2022年4月に逝去された 御冥福を祈る)



4月12日伊達市で噴火予知連開催、見解を発表。活動開始から半月後のこの日ようやく小宮氏と有珠山で会えた。右から会見に当たる小宮学火山課長、岡田弘部会長、井田喜明予知連会長、山里平事務局員。

□蔵王山の火山観測と防災

東北大学大学院理学研究科 附属地震・噴火予知研究観測センター

教授 三 浦 哲

1. 蔵王山の概要

蔵王山は宮城県と山形県の県境に位置し、日本百名山に数えられる山頂周辺や山麓のスキー場・温泉には毎年多くの観光客が訪れている。令和元年の宮城県観光統計概要¹⁾によると、その数は年間約420万人であり、仙台市内(約1,650万人)や日本三景の一つである松島(約600万人)に次ぐ多さとなっている。

その一方で、蔵王山は我が国に111ある活火山の一つであり、その中でも火山防災のために監視・観測体制の充実等の必要があるとされる50火山の一つにもなっている。エメラルドグリーンの湖水を湛える火口湖御釜から僅か約800mの距離には一般車両用の駐車場が整備され、訪れた観光客は軽装のまま数分間歩くだけで最短で約400mの距離まで近づくことができる。2014年の御嶽山噴火のように、万が一晴天の日中に顕著な兆候もなく噴火が発生すれば、噴火規模が大きくなくとも甚大な人的被害を被ることになる。したがって、高精度の観測に基づく蔵王山の火山活動のモニタリングと噴火発生の切迫性の評価、そして山頂周辺域への立ち入り規制等の適切な対策を行うことが極めて重要である。

2. 蔵王山の噴火履歴

以下では、蔵王山の詳細な火山地質学的な研究

²⁾に基づいて得られた過去約1万年間の噴火履歴について簡単に述べる。約9～4千年前には、ストロンボリ～ブルカノ式のマグマ噴火あるいはそれらに水が関与したマグマ水蒸気噴火が繰り返されていたと考えられる。また、マグマ噴火の前または後に水蒸気噴火が発生した可能性も指摘されている。約4～2千年前の噴出物には水蒸気噴火が発生した痕跡が認められる。規模は、約2千年前以降のものよりは大きかったと推定されている。約2千年前以降の噴火は、水蒸気噴火からマグマ噴火に移行するような噴火が繰り返し起こり、御釜東側の五色岳を形成したとされている。

1894～1897年の噴火は、近年では最も大規模なものであった。1894年7月、1895年2月、3月、8月には小規模の水蒸気噴火が繰り返し発生し、9月27日にはクライマックスの噴火に至った。これらの噴火に伴って御釜から湖水が溢水することで発生したラハール(火山泥流)が東側の河川を流れ下ったと考えられる。クライマックス噴火のスケッチ(図1)³⁾によれば、噴煙柱が350mほど上空に達し、大型の火山弾が落下している様子が描かれている。御釜周辺で見られる火山弾には長径約2.5mのものも発見されている。総噴出量はおよそ60万トンで、噴出物と共に多量の熱水が噴出したと考えられる。また、噴出物に火山弾が含まれることから、マグマそのものが一部噴出した可能性が指摘されている。

その後、1918年には御釜が沸騰、1923年8月

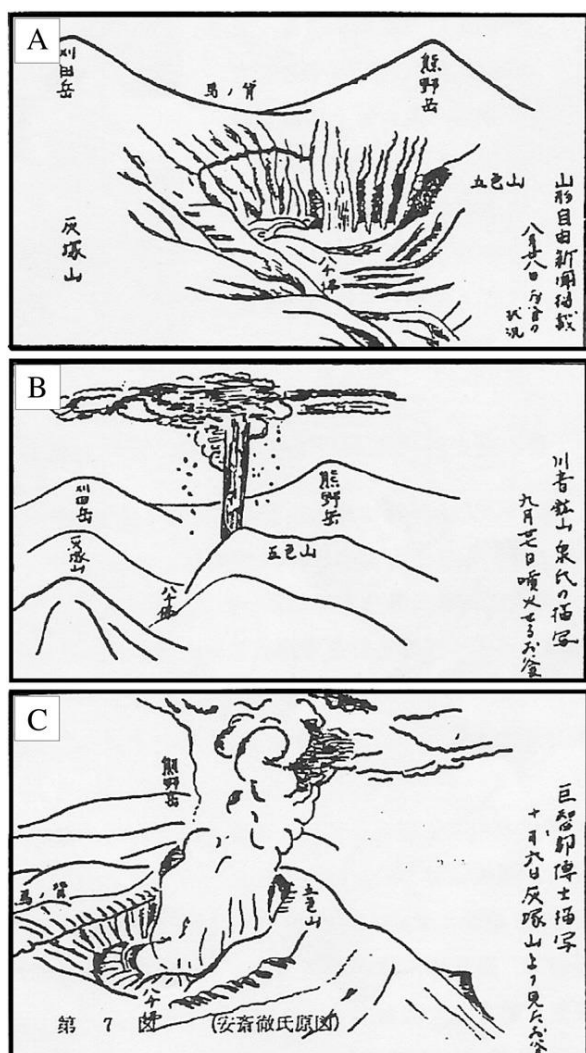


図1 巨智部(1896)⁵⁾による蔵王山噴火時の山頂周辺のスケッチ³⁾。(A) 1895年8月28日、(B) 同年9月27日、(C) 同年10月6日。

には湖心から H_2S 、 SO_2 の噴出、ゴム状硫黄浮遊、湖水の白濁等の報告⁴⁾があるが、噴火には至っていない。1939年7月頃から御釜湖水の白濁、ガス噴出、硫黄球浮遊が認められ、11月にガス噴出は減衰したが、湖底水温が 100°C 以上になった。1940年2月には凍結していた湖面が部分的に氷解し、湖底付近の水温 100°C 以上となった。3月には大型の硫黄球が確認され、5月の調査によって、新噴気孔付近(御釜北東約2.1km、現在の丸山沢噴気地熱地帯)で70~80 mにわたって雪面に砂礫が飛散しているのが確認され噴火に該当する現象と考えられている。その後は、1941年8月頃よ

り白濁が弱くなり、活動も低下した。1962年8月には、丸山沢噴気地熱地帯付近を震源とする地震が発生したが、その約4年後から、山腹の複数の噴気帯帯において、噴気の増加、新温泉の湧出、強い硫黄ガスの発生、硫黄臭などが認められた。この間、御釜での異常は報告されていない。1971年頃にこれらの現象は終息した。

その後は、1984年の熊野岳南東約5 km 付近や、1990年の御釜~刈田岳付近での群発的地震活動、1992年及び1995年の不忘山付近、1995年の熊野岳北西約10km での地震等の報告がある。

3. 蔵王山の観測研究

蔵王山では、2011年東北地方太平洋沖地震以後、マグマ活動を示唆する深さ20~35km で発生する深部低周波地震の活動が活発化し、2013年1月22日には、2010年9月1日に気象庁により常時観測が開始されて以来初めて火山性微動が観測された。当時、蔵王山周辺の火山観測点は、気象庁の1点と東北大学の2点のみであったため、気象庁と東北大学は、さらなる火山活動の活発化に備えて、観測網の強化を進めた。その結果、現在気象庁の常時監視観測に利用されている地震観測点は8点、GNSS 観測点は4点、傾斜観測点は2点増加した。東北大学では、これらの拡充された観測点で得られるデータを用いて、蔵王山の地下で起きている諸現象について解明を進め、火山災害軽減に資するための研究を行っている。以下では、それらのうちのいくつかについて紹介する。

国内で発生する深部低周波地震の多くは、第4紀火山近傍に集中して発生していることから、上部マントルから下部地殻にかけてのマグマの移動に関連した現象であると考えられている。蔵王山直下で2012年以降に発生した深部低周波地震に関する詳細な研究⁶⁾では、まずマッチドフィルター法という波形相関を用いた地震検出法を用いて気象庁では震源決定できていなかった小さな地震を

検出することにより、研究対象となる地震数を286個から1,178個に増加させた。そして、機械学習の一種である階層クラスタリング法により波形の特徴に基づいて7グループに分類した。図2に示したグループ毎に色分けした震源分布図を見ると、Aグループの地震は深さ25km以深でのみ発生し、Aグループ以外の地震の多くはそれより浅部で発生していることがわかる。また、図3には、グループ毎の積算個数の時系列を示した。これを見ると、Aグループでは2012年に地震回数は増加し始め、2015年に一時的に発生率が増加している。一方で、A以外のグループでは2013年に地震回数が増加し始め、B、C、F、Gの各グループでは2016年に一時的に発生率が増加している。同図には、(a) 2 km 以浅で発生した火山性地震の日別回数と積算個数及び (b) 長周期地震のエネルギー指数（逆三角形）と積算個数も示されており、前者は2015年に、後者は2014年に（いずれも A グループ

の地震活動が活発化した後）個数が増加している。以上のように、深部マグマだまりの下部から活動が開始し、その後マグマや揮発性物質が次第に地表付近へと移動することによって浅部熱水系の活動活発化が引き起こされたと理解することができる。

図3中の灰色で示されている期間（2015年1月から6月までの半年間）には、蔵王山周辺のGNSS連続観測網によって僅かな地殻変動が観測されている⁷⁾。図4に示したように水平変動では山頂周辺を中心とした放射状の変位を、上下変動では山頂周辺で隆起傾向を示していることから、この期間に山体膨張現象が起きていたと考えられる。変動源として点圧力源を仮定して逆解析した結果、位置は御釜の中心から東側に約1.0km、海拔下約4 km、体積増加量は $4 \times 10^6 \text{ m}^3$ と推定された。推定された位置は、深部低周波地震震源域のほぼ直上に相当している。

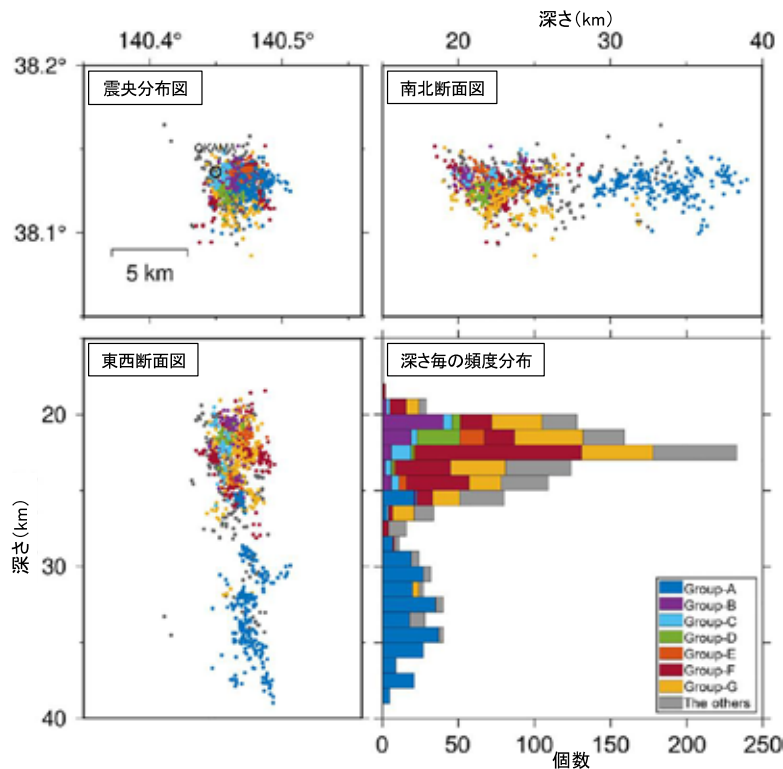


図2 蔵王山直下で発生した深部低周波地震の震源分布図及び深さ毎の頻度分布図⁶⁾（右下）。階層クラスタリング法により分類されたグループ毎に色づけされている。

平成26年9月に発生した御嶽山の噴火等を踏まえ、文部科学省は我が国の火山研究を向上させ、火山噴火に対する減災・防災対策に貢献するため平成28年に次世代火山研究・人材育成総合プ

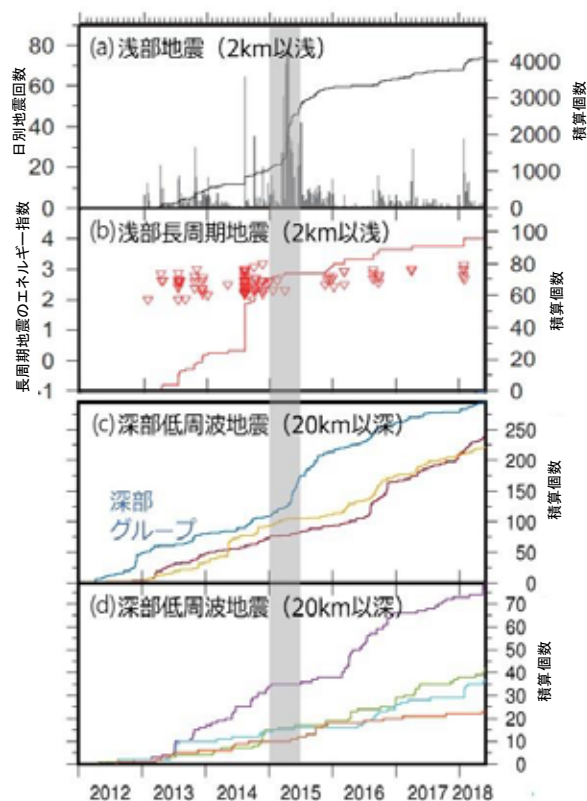


図3 蔵王山直下で発生した深部低周波地震の活動と浅部における火山性地震の活動推移⁶⁾。

ロジェクト（火山PJ）を開始した。このプロジェクトは、「観測・予測・対策の一体的な火山研究及び火山観測データの一元流通の推進」と「広く社会で活躍する火山研究人材の裾野を拡大するとともに、火山に関する広範な知識と高度な技能を有する火山研究者となる素養のある人材の育成」を目指すものである。このプロジェクトの一課題「火山内部構造・状態把握技術の開発」では、通常行っている火山活動監視・異常検知のための観測に加えて、これらを補う高精度の観測や調査を機動的に行うことにより、火山活動の変化や噴火の切迫性を総合的に判断する手法の開発を行っている。蔵王山は、この課題において、機動観測を実施する全国の10火山の一つに選定され、山頂周辺での比抵抗構造探査や地震観測が実施された。

水蒸気噴火を繰り返す火山における比抵抗構造探査によって、深さ約1km以浅に電流を流しやすい低比抵抗層が存在し、その層の下にやや比抵抗の高い領域が存在していることが複数の火山に共通して明らかになっている。草津白根山や霧島硫黄山などでは、その低比抵抗層下限のやや比抵抗の高い領域側に、熱水や水蒸気の関与を示唆する火山性地震の震源域の上限、熱水膨張を示唆する増圧源、熱消磁源が位置することから、その領

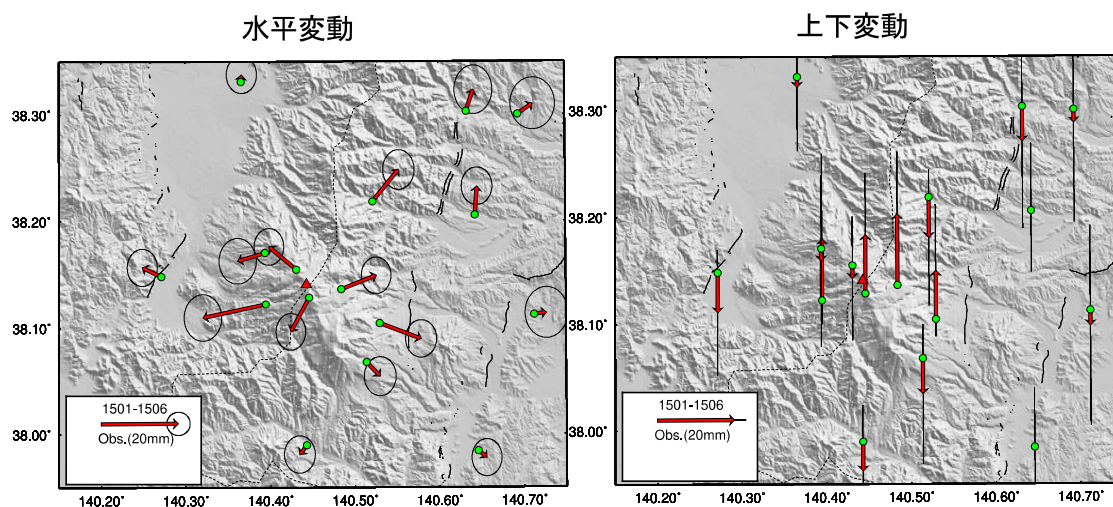


図4 2015年1月から同年6月までの期間に蔵王山周辺で観測された地盤変動。赤の三角形は最高峰の熊野岳山頂の位置を示す。

域が熱水や水蒸気の通り道となっていること、その上側に存在する低比抵抗層は、それらの上昇を阻止する難透水性の熱水変質層であると解釈されている。蔵王山で行われた比抵抗構造探査においても同様の構造的特徴が明らかになりつつある。

また、既設の観測網が手薄な火山性地震発生領域の南側及び西側に3点の機動地震観測点を設置し、令和2年秋から連続観測を開始した。その結果、蔵王山で発生する火山性地震のうち、P波・S波の初動が不明瞭なBH型及びBL型の震源は、主として火口湖御釜の東側から南東側にかけての海拔下1kmから標高0.6kmの範囲に分布すること、BH型・BL型の震源領域とはやや離れた御釜東側約1.5kmの海拔下約1.5kmの領域（噴気・地熱地帯直下）にP波・S波の初動が明瞭なA型地震の震源が分布することが判明した。特にA型地震については、従来の観測網では精度よく震源決定を行うことが困難であったが、震源域直上付近に機動地震観測点を設置したことにより、特に深さの震源決定精度が向上した。

噴火災害軽減のためには、監視観測体制を整備するとともに、ハザードマップの作成及び噴火推移の予測が基礎的事項として重要である²⁾。地震や火山現象の解明と予測に関する理学的研究に基礎を置き、災害の軽減に貢献することを意識した

研究を推進している「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）」⁸⁾では、火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測を、重点的に取り組む三つの研究の一つに位置付けている。しかし、蔵王山では近代的な観測技術によって噴火活動の推移を捉えた事例がないため、現時点では詳細な地質学的研究に基づいた推移予測が行われている²⁾。図5は、最新活動期の活動履歴に基づいて作成された噴火推移予測図である。それによると、前兆現象のみで収束する場合、それが水蒸気噴火に移行する場合、さらにマグマ噴火に移行する場合、その上規模の大きいマグマ噴火に移行する場合が想定される一方で、各段階で収束する可能性も考えられる。1894年以降の事例は、前兆現象発生、あるいは水蒸気噴火の段階までで終息した場合のみであり、今後の活動としてはこれらと同様の推移をたどる可能性が最も高いと考えられる。なお、約4～2千年前の事例のように規模の大きい水蒸気噴火はそれ以降発生しておらず、可能性としては低いと考えられる。次に、水蒸気噴火からマグマ噴火に至る推移は、五色岳形成時に8回起こっており、今後もこの推移をたどる可能性は考慮しておく必要がある。一方、それが準プリニー式噴火の段階まで推移したのは最新期の初めの時期のみであり、今後の活動でこの段

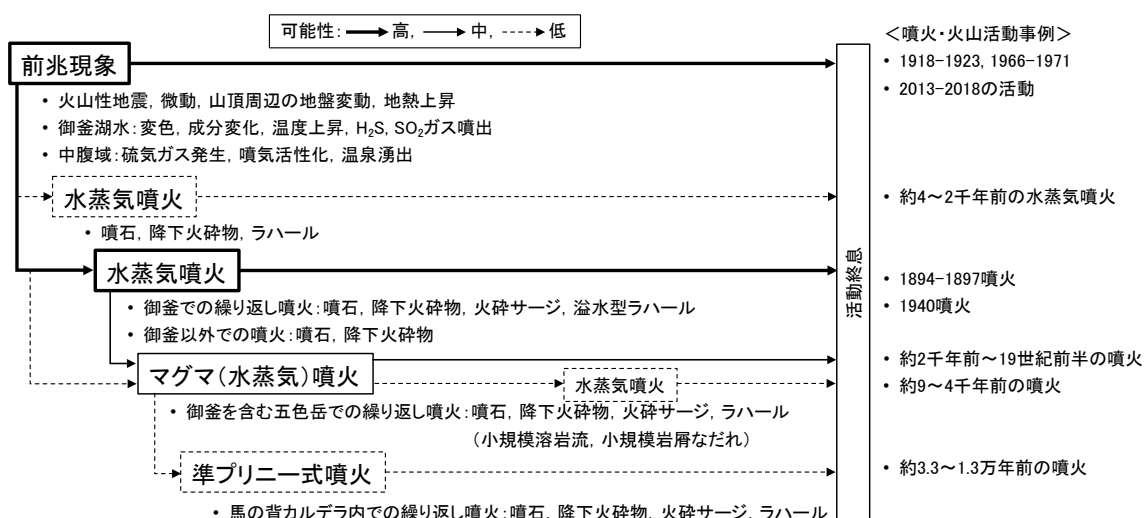


図5 蔵王山で将来発生する火山噴火の推移予測図。参考文献²⁾の図を和訳して示した。

階まで達する可能性は低いと考えられる。

4. まとめ

蔵王山では、2015年に火山活動の極大期を迎え、火山性地震や微動が頻発するとともに僅かな山体膨張が観測された。それに先駆けて2012年からは、深さ28km以深で深部低周波地震の活動が始まり、翌2013年には深さ20～28kmの下部地殻浅部の深部低周波地震、2014年には深さ2km以浅の長周期地震が増加したことから、マグマや揮発性物質が深部から次第に地表付近へと移動したと考えられる。

幸い噴火には至らなかったものの、蔵王山は軽装の観光客が火口の数百mまで近づくことのできる観光地であることから、過去の噴火履歴のさらなる調査や現状の監視観測、さらに機動的観測等に基づく詳細な研究により噴火の切迫性評価の精緻化が必要不可欠である。

【参考文献】

- 1) 宮城県経済商工観光部観光課, 「観光統計概要」, <https://www.pref.miyagi.jp/documents/12827/818398.pdf>
- 2) 伴・他 (2019) 近代的噴火観測事例のない火山での噴火推移予測：蔵王火山の例, 火山, **64**, 131-138.
- 3) Miura et al. (2012) Sequence of the 1895 eruption of the Zao volcano, Tohoku Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **247-248**, 139-157.
- 4) 安斎 徹 (1941) 其の後の蔵王山活動に就いて (上), 齋藤報恩会時報, **170**, 19-29.
- 5) 巨智部忠承 (1896) 蔵王山爆裂調査概報, 地学雑誌, **8**, 183-189, 239-244, 285-288.
- 6) Ikegaya, T., Yamamoto, M. (2021) Spatio-temporal characteristics and focal mechanisms of deep low-frequency earthquakes beneath the Zao volcano, northeastern Japan, *JVGR*, **417**, 107321, doi:10.1016/j.jvolgeores.2021.107321.
- 7) 三浦・他 (2020) 2015年蔵王山膨張イベントの変動源, 地殻活動研究委員会報告書, **44**, 7-13.
- 8) 文科省 (2019) 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第2次), https://www.mext.go.jp/content/20210202-mxt_jishin01-000012539_23.pdf

□富士山の火山活動と火山防災

日本大学文理学部地球科学科特任教授 鵜 川 元 雄

1. はじめに

富士山は日本の最高峰であり、また代表的な成層火山としても知られる活火山である。1707年の宝永噴火を最後に300年以上、噴火は発生していないが、歴史的には8世紀以降に10回の噴火が記録されていて、今後も噴火は必ず発生することが予想できる。ひとたび富士山の火山活動が活発化すれば、日本の中軸部に位置することから、社会的な影響は非常に大きい。噴火が発生すれば、日本の他の火山に比べて多数の人々が避難を余儀なくされる。ここでは富士山の過去と現在の火山活動、噴火災害軽減のためのハザードマップや避難計画の検討状況について紹介する。

2. 富士山の噴火活動

(1) 地質学的な年代区分での噴火の特徴

現在の富士山につながる火山活動は約10万年前に始まったと考えられている。宮地(2007)によれば、この火山活動は大きく2つの時期、10万年前から1万2000年前まで活動した古富士火山と1万7000年前から現在まで活動している新富士火山に分けられ、両者は異なるマグマたまりに由来していると考えられている。古富士火山は火山灰などの火山砕屑物の放出が中心であるのに対して、新富士火山は大量の溶岩流の流出から活動が始まった。

産総研の最近の研究(高田ほか、2016)では、古富士火山に相当する10万年前～1万7000年前を星山(ほしやま)期、新富士火山に相当するそれ以後の期間は、約1万7000年前から8000年前の大量の溶岩流出で特徴づけられる富士宮期と8000年前から現在までの須走期に分け、須走期は活動の変化に対応してさらに4期間に分割されている。

新富士火山の噴出率や噴火の形態、火口の位置はそれぞれの時期によって変化している。表1に富士山ハザードマップ(改定版)検討委員会報告書(以後、改定版報告書と略す)(富士山火山防災対策協議会、2021)が高田ほか(2016)をもとにまとめた噴火の年代区分ごとの特徴と宮地(2007)による噴出率を合わせたものを示す。溶岩流が大量に流出した新富士火山初期の富士宮期の噴出率がとびぬけて大きい。この時期に噴出した猿橋溶岩流は北東方向に40km以上流下し、大月市まで到達している。8000年前～5600年前の須走-a期は噴出率が低くなったが、4500年前以降は現在まで1000年あたり1km³以上の噴出率である。

噴火する火口の位置は山頂だけでなく、山腹にも分布している。写真(図1a)は富士山の北麓から眺めた北西山麓で、側火口の高まりが標高の低いところまで存在していることがわかる。図1bは改定版報告書にまとめられた須走-b期から現在までの火口の位置である。山腹の火口の多くは山頂火口を中心にして北西-南東方向にそれぞれ10km以上にわたって分布している。ただし少数で

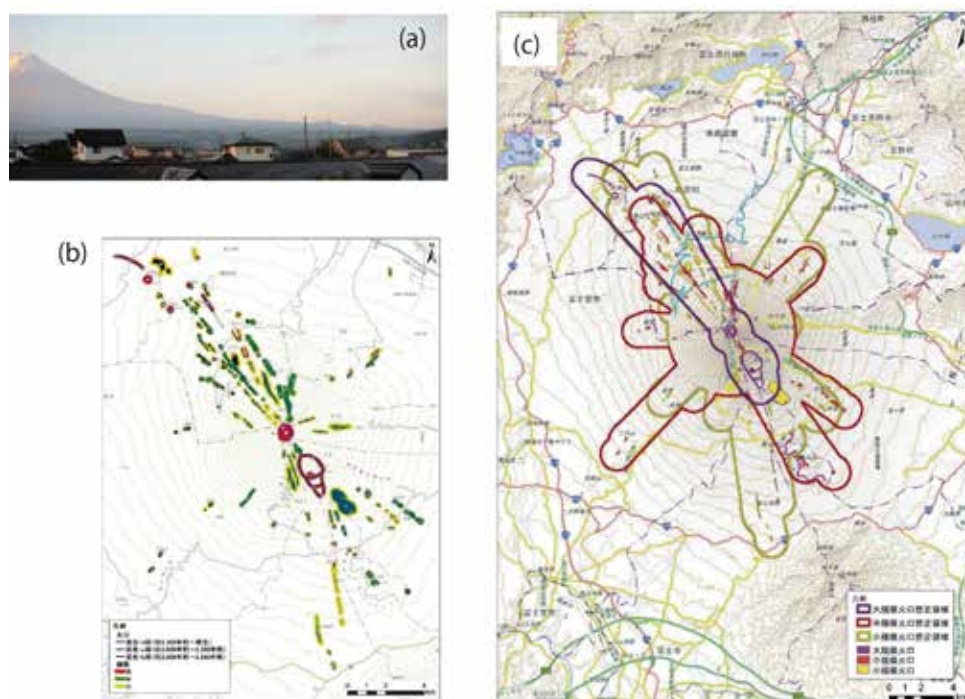


図1 (a) 富士山北麓から眺めた富士山の北西斜面。裾野に側火口の高まりを見ることができる。
(b) 改定版報告書（富士山火山防災対策協議会、2021）による富士山の火口分布、(c) 想定火口範囲。

はあるが、北東山麓と南西山麓にも火口が存在する。

山頂では約2300年前の噴火を最後に噴火の発生はなく、その後は山腹での噴火が続いている。富士山の噴火様式は、溶岩流の流下、火山灰やスコリアなどの火砕物の放出、急傾斜の斜面に堆積した火砕物の崩落による火砕流発生、冬期の融雪型火山泥流の発生など、多様である。また富士山東麓では約2900年前に御殿場岩屑なだれと呼ばれる山体崩壊が発生したが、このような大規模な山体崩壊も頻度は低いが複数、発生したことが分かっている。

(2) 歴史上の火山活動

富士山の歴史時代の噴火についての記述を吟味した小山（1998）によれば、富士山では西暦781年を最古の噴火の記載として、9世紀以降の9回と合わせて合計10回の噴火についての記録が残っている。9世紀以降に噴火記録のある年は、西暦800～802年、864～866年、937年、999年、1033年、

1083年、1435～1436年、1511年、1707年で、噴火の発生に周期性のような明らかな規則性は認められない。またいずれの噴火も山腹の割れ目火口からの噴火である。

これらの噴火のなかで、864～866年の噴火は富士山の北西部に広がる青木ヶ原の溶岩樹海を形成した貞観噴火で、流出した溶岩は青木ヶ原溶岩と呼ばれている。この溶岩流は、当時、富士山の北にあった「せの湖（うみ）」に流下し、現在の西湖と精進湖に分断した。溶岩の流出は約2年間継続し、噴出した溶岩の総量は 1.3 km^3 と推定され、須走-b期以降で最大の噴出量である。

1707年の噴火は宝永噴火と呼ばれ、富士山の南東山腹に現在も認められる宝永火口から噴火した（写真1）。この噴火では火砕物のみを噴出し、溶岩の流出はなかった。噴出した火砕物の総量は 0.7 km^3 と推定されている。噴火は、1707年12月16日から翌年1月1日まで16日間にわたって断続的に継続した。噴出した火山灰は偏西風によって東に流され、火山灰は江戸で数cm、富士山の真東にあ



写真 1 1707年噴火で形成された宝永火口。

たる房総半島中央部では8 cm以上堆積した (Miyaji et al., 2011)。火口に近い地域では深刻な被害が発生した。須走村では高温の降下火砕物による家屋の焼失、柴怒田では降下火砕物の重みでの家屋の倒壊が発生した。降灰によって農作物や飼料が不作となり、酒匂川流域では土砂の流入により以後、100年近くにわたって土砂・洪水氾濫が続いた (井上, 2007)。

宝永噴火は、1707年10月28日に発生した宝永地震 (M8.6) の49日後に発生した。小山 (1998) によれば、噴火の十数日前から富士山周辺で鳴動が始まり、3、4日前から有感地震の数が増え、その数は噴火前日にはさらに増加した。噴火を引き起こしたマグマが地下を上昇してくる過程で、地震を引き起こしたことがわかる記録である。またこの南海トラフ地震の震源域に富士山が隣接していることから、巨大地震によって噴火が引き起こされた可能性がある。ただし歴史上に記録のある南海トラフや相模トラフに沿う巨大地震の直後1年以内に噴火した例は宝永噴火のみである。

3. 観測から明らかになった富士山の最近の火山活動

富士山では1707年の宝永噴火後、現在まで315年間、噴火は発生していない。また現在、山頂火口も含めて、山体に温度異常や噴気活動も見られず、表面上は静穏な状態が続いている。

富士山の地下の地震活動については、山体や周辺地域に設置されている地震観測網により知ることができる。図2は気象庁により決定された震源をもとに作成した富士山周辺の地震の震央分布と震源の東西断面投影図である。富士山南麓に南北に分布している地震の塊が目立つが、これは2011年3月15日に発生したM6.4の本震 (図2の震央分布図の白い丸) とその余震活動で、2011年東北地方太平洋沖地震によって全国的に活発化した地震活動の一つである。この余震活動は、時間の経過とともに減少している。

図2には震源が青丸と赤丸で示されている。青丸は普通の地震、赤丸は地震波の振動の周波数が低い (周期が長い) 低周波地震で、地殻深部から

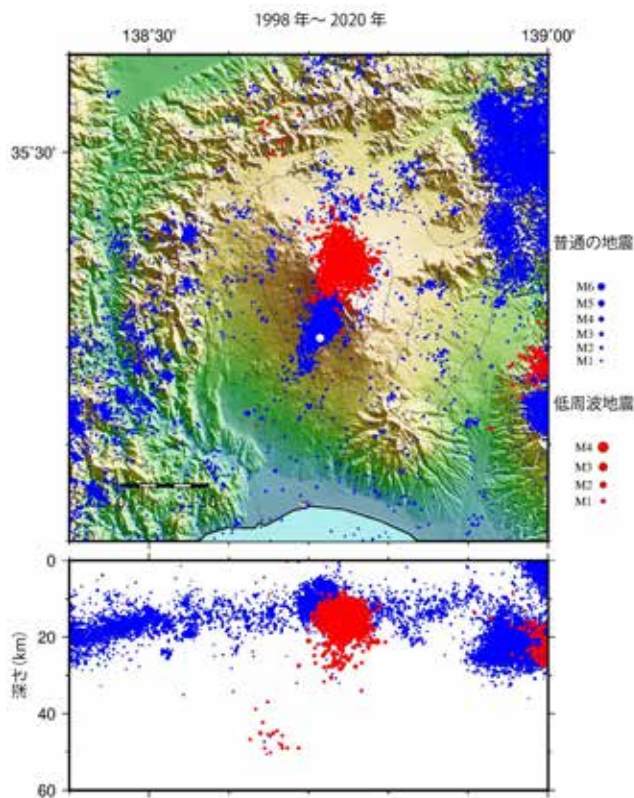


図2 富士山周辺の震源分布。気象庁によって決定された1998年～2020年の震源。青丸は普通の地震、赤丸は深部低周波地震。(上図)震央分布、(下図)東西断面投影図。

マントル最上部で発生するので深部低周波地震と呼ばれている。深部低周波地震は日本や海外の火山地域でも知られているが、富士山ではその発生頻度が高い。他の火山では深部低周波地震の活発化が噴火や火山活動の活発化と同期した場合もあるので、地下のマグマの動きと関係すると考えられている。

富士山の地下にはマグマが一旦貯蔵されるマグマだまりがあると考えられているが、その位置や大きさはわかっていない。地震波トモグラフィーや比抵抗探査のような地下を探索する手法で、深さ20km程度かそれ以深に地震波速度が小さく、比抵抗も低い領域がとらえられているので、マグマだまりもその深さにある可能性が高い。

地下のマグマだまりの膨張やマグマの移動は、地殻変動の異常として観測される。富士山では

GNSS (GPS) や傾斜計などによって地殻変動も連続的に観測されているが、まだ地下にマグマが蓄積している明らかな信号は捉えられていない。しかし富士山の噴火史や深部低周波地震の継続的な活動を考えれば、現在もマグマの供給が進行し、次の噴火の準備が進行中と考えて防災対策を実施するのが妥当である。

4. 富士山の火山ハザードマップと避難計画

(1) 火山ハザードマップ

富士山では2000年に有珠山や三宅島が噴火し、火山ハザードマップの重要性が認識されたことや2000年から2001年にかけて深部低周波地震の活動が急増したことを背景に、2001年7月に国と静岡県、山梨県、神奈川県、東京都及び関連する市町村により富士山火山防災協議会が設置され、富士山のハザードマップの検討が始まった。その成果は2004年6月に「富士山火山ハザードマップ検討委員会報告書」として公表された。その後、富士山火山防災対策協議会が山梨県、静岡県、神奈川県及び関係市町村と関係機関により2012年6月に設立され、このハザードマップに基づく「富士山火山広域避難計画」が2014年度までに策定・公表され、以後、改定されてきた。

最初のハザードマップの作成から10年以上を経て、この間に富士北麓の火口が新しい火口であることが明確になり、また溶岩流シミュレーション技術も向上したことなどから、2018年3月からハザードマップの改定作業の方向性が示され、2021年3月に改定されたハザードマップが公表された(富士山火山防災対策協議会、2021)。

改定されたハザードマップでは対象とする噴火の時代区分を須走-b期(表1)に対応する5600年前から現在までとし、これまでの約3200年前以降より古い時代までを含めることになった。想定する火口位置は、これまでに発見された火口と山

表 1 噴火の年代区分とその特徴

年代区分	時期	主な噴火口の位置	噴火の特徴	噴出率※ km ³ /1000年	備考
星山期	約10万年前～ 約17000年前		爆発的噴火 複数回の山体崩壊		古富士火山に相当
富士宮期	約17000年前～ 約8000年前		溶岩の大量流出	17.1 (11-9.5) 3.1(9.5-7.5)	以後、現在までが 新富士火山に相当
須走期	須走 -a 期	約8000年前～ 約5600年前	(静穏期) 小規模な火砕物の噴出	0.1(7.5-5.6)	
	須走 -b 期	約5600年前～ 約3500年前	山頂と山腹 溶岩の流出、火砕流の発生	0.4(5.6-4.5) 3.3(4.5-3.5)	
	須走 -c 期	約3500年前～ 約2300年前	山頂と山腹 爆発的噴火、火砕流の発生、山体崩壊	2.4(3.5-2.2)	
	須走 -d 期	約2300年前～ 現在	山腹 溶岩の流出、 爆発的噴火 (宝永噴火)	1.3(2.2-0.3)	

※ 噴出率は宮地（2007）による。噴出率の（ ）内の数字は対応する期間で、千年が単位。

頂から 4 km 以内の範囲をもとに想定火口範囲を大規模、中規模、小規模噴火について定めた（図 1 c）。これまでより北東及び南西側に範囲が広がった。また噴火の規模は噴出量をもとに大規模噴火（2 億～13 億 m³DRE）、中規模噴火（2000 万～2 億 m³DRE）、小規模噴火（～2000 万 m³DRE）とした。対象とする噴火事象はこれまでと同じで、溶岩流、降灰、噴石、火砕流、融雪型火山泥流、土石流をハザードマップ作成の対象とし、山体崩

壊については、発生した事実を表現している。

溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流については数値シミュレーションを実施し、結果を表示した。溶岩流を例にその結果を紹介する。20m メッシュの数値標高地図を使い、火口を想定火口範囲の縁に設定し、溶岩流のシミュレーションを実施、それぞれの火口から流出する溶岩流の時間推移を示すドリルマップとそれらを重ね合わせた可能性マップを示した。ドリルマップの例を図 3 a に、

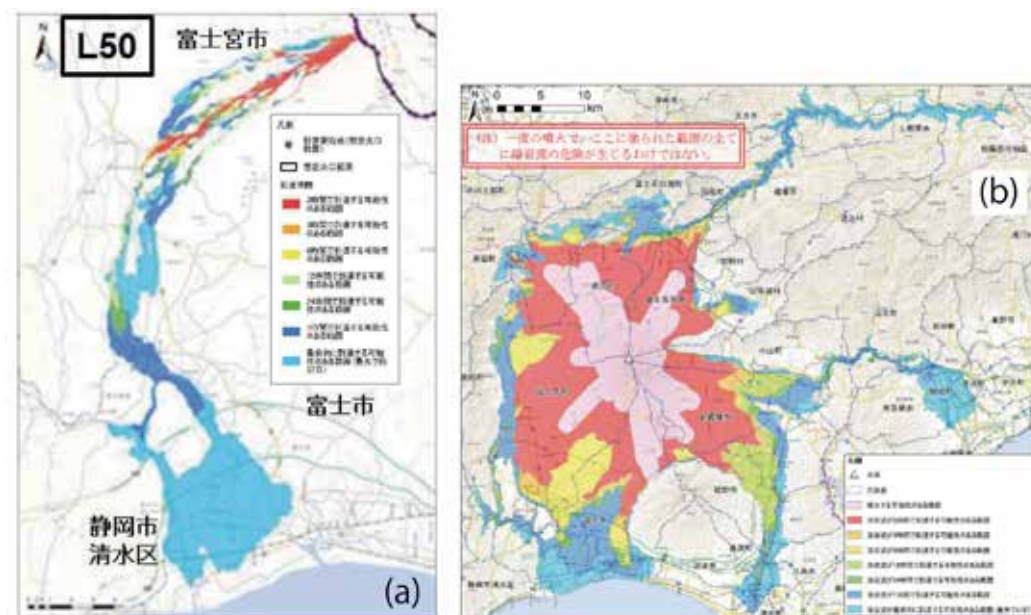


図 3 改定版報告書（富士山火山防災協議会、2021）による（a）溶岩流シミュレーション結果のドリルマップの例と（b）溶岩流可能性マップ。なおドリルマップの図には凡例も図内に表示した。

また可能性マップを図3bに示した。火砕流や融雪型火山泥流についても同様のドリルマップと可能性マップが提示されている。噴火が起きる前の段階では可能性マップによって災害要因の影響を受ける範囲や到達するまでの時間を知ることができる。一方、各火口から流れ出す溶岩（火砕流や融雪型泥流も同様）の影響や噴火後の災害予測にはドリルマップが有効である。

(2) 避難計画

改定される前のハザードマップに対する避難計画（改定版は2019年3月に公表）の中で、噴火事象ごとに避難の必要な範囲や方法などが決められていた。今回、改定されたハザードマップでは改定前に比べて想定火口域が居住地近くにまで拡大した。これに伴い避難者数が増大したため、現在、避難の基本的な枠組みから検討し直し、2022年6月時点においても避難計画の作成が進められていて、実効性の高い避難計画の策定を目指している。

避難などの防災行動は気象庁が発表する噴火警戒レベルと連動して実施されることになっている。避難対象エリア毎の避難の開始時期は噴火警戒レベルの引き上げにより実施されるため、避難が円滑に実施されるためには噴火前の地下のマグマの活動状況や噴火開始直後の状況を的確に判断できる観測データを常に得られる状態にしておくことが必要不可欠である。富士山の自然環境は山体に設置した観測装置の長期の維持には大変厳しい条件であるが、観測の高度化と維持が重要となっている。

5. おわりに

2000年以降、富士山の火山防災は大きく進展し

た。特に富士山火山防災対策協議会による自治体間の連携は2000年時点には存在しなかったものである。しかし300年以上噴火を経験したことがなく、初めて経験する次の火山活動の活発化が大規模噴火に直結する可能性もある。また富士山は夏の登山シーズンと冬期の積雪期でも災害の発生要因や避難の条件が大きく異なる。火山活動が活発化したときの社会の注目度も大きい。このような富士山での避難計画の策定は簡単ではないが、噴火の展開に合わせて、柔軟に対応できる防災体制を日ごろから作り上げることが鍵になっている。

謝辞

図1及び図3では、ハザードマップに掲載された図を使用させていただいたことに感謝します。図の作成には The Generic Mapping Tools を使用した。

【文献】

- 井上公夫（2007）富士山宝永噴火（1707）後の長期間に及んだ土砂災害、富士火山（荒牧他編集），山梨県環境科学研究所，427－439。
- 小山真人（1998）歴史時代の富士山噴火史の再検討。火山，43，323－347。
- 宮地 直道（2007）過去1万1000年間の富士火山の噴火史と噴出率，噴火規模の推移、富士火山（荒牧他編集），山梨県環境科学研究所，79－95。
- Miyaji, N., Kan'no, A., Kanamaru, T., Mannen, M. (2011) High-resolution reconstruction of the Hoei eruption (AD 1707) of Fuji volcano, Japan, J. Vol. Geotherm. Res., 207, 113-129.
- 高田 亮・山元 孝広・石塚 吉浩・中野 俊（2016）富士山火山地質図（第2版）、産総研地質調査総合センター、56P。
- 富士山火山防災対策協議会（2021）富士山ハザードマップ（改定版）検討委員会報告書、<https://www.pref.shizuoka.jp/bousai/fujisanhazardmap.html>

□伊豆・小笠原諸島の最近の火山活動の 状況と今後の見通し

東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター

大 湊 隆 雄

1. はじめに

日本には現在111の活火山があるが、その内の約2割、21火山が伊豆・小笠原諸島に属する。北から、伊豆大島、利島、新島、神津島、三宅島、御蔵島、八丈島、青ヶ島、ベヨネース列岩、須美寿島（すみすじま）、伊豆鳥島、嬬婦岩（そうふうがん）までが伊豆諸島に属し、それ以南の西之島、海形海山（かいかたかいざん）、海徳海山（かいとくかいざん）、噴火浅根（ふんかあさね）、硫黄島、北福德堆（きたふくとくたい）、福德岡ノ場（ふくとくおかのば）、南日吉海山（みなみひよしかいざん）、日光海山が小笠原諸島に属する（図1）。これらの火山の中で、伊豆大島や三宅島は、噴火を頻繁に繰り返すことから、いかにも火山という印象を誰もが抱くのに対し、利島、御蔵島などは有史後の活動記録が無く火山という認識が薄い。火山活動の時間スケールは非常に長く、数百年、数千年の休止期を経て噴火する場合があることから現在の活火山の定義は「過去1万年以内に噴火したもの」となっている。そのため、人間の時間スケールで見て活動が無いように見える火山も活火山に含まれている。新島や神津島は最近の活動は無いものの、800年代に火砕流を伴う大規模な噴火が発生している。

ベヨネース列岩、須美寿島、嬬婦岩などは小さ

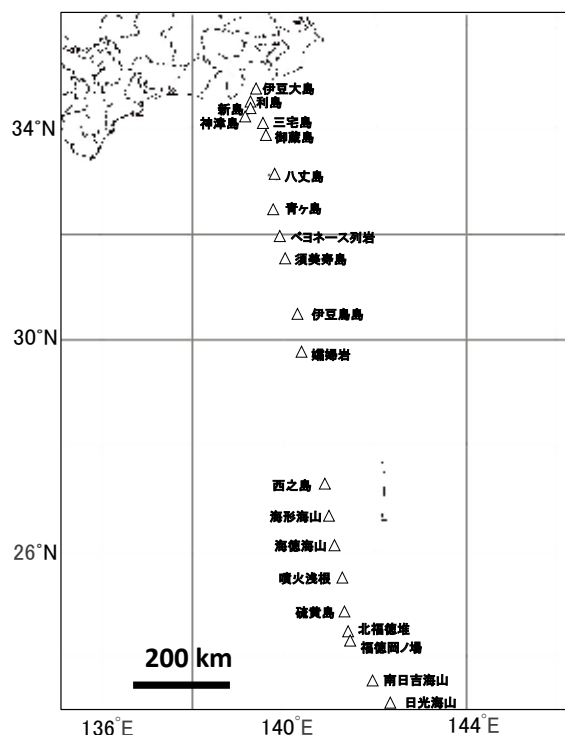


図1 伊豆・小笠原諸島の活火山分布

な岩のように見えるが、その実態は海底から数千mの高さを持つ巨大海山であり、その山頂付近のごく一部が海面に姿を見せているに過ぎない。山頂付近に直径数kmのカルデラを持つものもあり、例えばベヨネース列岩は、直径8kmの山頂カルデラの西端が海上に顔を出したものであり、カルデラ東側には1952年の噴火で調査船が巻き込まれ多くの犠牲者を出した明神礁がある。また、海形海

山、海德海山、福徳岡ノ場などは海底火山であり、噴火発生は軽石の浮遊や変色域の出現によって判明するが多いが、規模が大きい噴火の場合は一時的に島が出現することがある。西之島の様に新たな島が生まれ成長する場合もある。

本文では、この中で近年顕著な活動があった火山を中心に、活動の歴史、最近の状況、今後の活動の見通しなどを紹介したい。なお、本文執筆にあたり、各火山の過去の活動経緯などは末尾に示した資料を参考にした。より詳しい情報が必要な場合はそちらを参照されたい。

2. 伊豆大島

伊豆大島では有史以降20回以上の中規模・大規模噴火が発生しており、最近でも小・中規模の噴火を数年から数10年程度の間隔で繰り返している。また、噴火に至らないものの地震活動や噴気活動も頻繁に発生している。1986年の噴火では、7月

から火山性微動が発生し地震活動や噴気活動が次第に高まった後、山頂火口内で噴火が始まった。噴火開始後しばらくは山頂噴火が続いたが、やがて溶岩が火口から溢れ、カルデラ内での割れ目噴火が始まった。更に、外輪山の外側でも割れ目噴火が始まったため、全島民1万人が1カ月にわたり島外へ避難することを余儀なくされた。

1986年の噴火では $3 \times 10^7 \text{ m}^3$ の溶岩が噴出した。これは、東京ドーム20杯分以上に当たる膨大な量である。現在の地殻変動観測によると、伊豆大島の山頂下5～7 kmの深さにおいて年 $2 \times 10^6 \text{ m}^3$ /年のペースでマグマの蓄積が進んでいる。また、マグマ蓄積には波があり、蓄積ペースの増減と山頂付近や周辺海域での地震活動が同期している(図2)。現在の長期的な蓄積ペースが1986年の噴火以降30年以上も続いていたと仮定すると、既に前回の噴出量の2倍の $6 \times 10^7 \text{ m}^3$ のマグマが蓄積していることになる。とは言え、マグマの蓄積量が一定値に達すれば火山は必ず噴火する、という

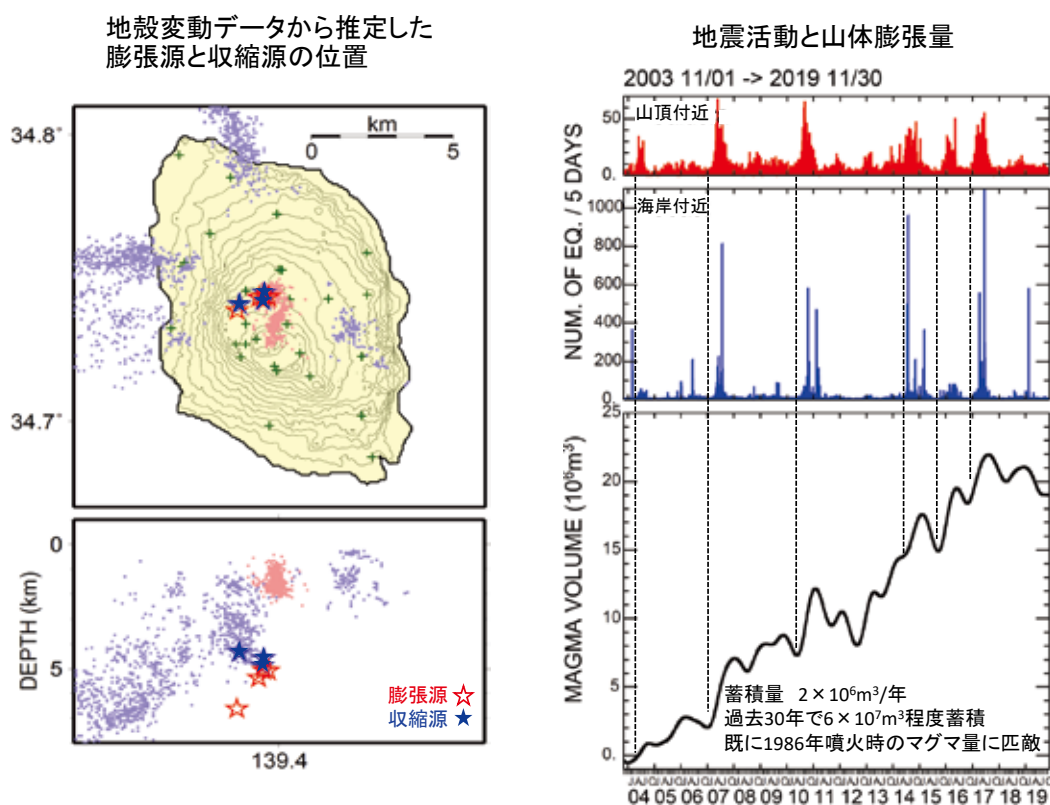


図2 伊豆大島の最近の地震活動と山体の膨張（東京大学地震研究所）

ものではない。噴火時に放出されたマグマと同量のマグマが再蓄積する前に次の噴火が発生した例や、逆に、前回噴火時の放出量以上に蓄積が進んでも噴火しない例もあり、マグマの蓄積量のみから噴火の到来を予測することは難しい。

一般に、火山噴火はマグマの上昇によって引き起こされ、マグマの上昇は地震発生、温度上昇、火山ガス放出、山体膨張など様々な現象を引き起こす。そのため、火山噴火には様々な先行現象が伴う。1986噴火の際は、噴火の数年前から山体膨張のペースの変化や、山頂付近の熱異常の出現、火山性微動の発生など、マグマの上昇を示唆する様々な先行現象が観測された。現在は、気象庁をはじめとする様々な機関により1986年噴火前を上回る質と量の観測・監視が行われており、マグマ上昇に伴う様々な先行現象を早期に検出することが可能だと考えられている。

ある程度の規模の噴火については、開始時期はある程度予測でき、避難情報も出されると考えられるものの、噴火の推移は必ずしも前回と同じ山頂噴火から割れ目噴火という経緯をたどるとは限らないことに注意しつつ避難計画などの対策を立てる必要がある。

3. 三宅島

三宅島の噴火は、玄武岩マグマと呼ばれる粘性が低く流れやすいマグマによる割れ目噴火に特徴

づけられる。1940年と1962年には北東山腹で割れ目噴火が発生し、1983年の噴火では山腹の南西斜面から噴火し、西に流れた溶岩は阿古地区の集落を襲った。2000年の噴火では、マグマが地下を西方に移動し、島の沖合で海底噴火を起こした。活動は一旦収まったかに見えたが、山頂付近での群発地震発生後、山頂の陥没がおこり（図3）、陥没孔の拡大とともに大量の火山ガス（二酸化硫黄）の放出が始まった。これにより、全島民は避難を余儀なくされ、島外避難は4年半に及んだ。

三宅島の最近の噴火は1940年、1962年、1983年、2000年と17～22年間隔で発生しており、見掛け上20年前後の周期性があるように見えるが、さらに過去に遡ると、むしろ40～60年あるいはそれ以上に間隔が空く場合が多いようである。また、2000年の噴火以前は、三宅島は、噴火の先行現象は少なく地震発生が始まるとすぐに溶岩流出が始まる火山だと考えられていた。しかし、2000年噴火は全く異なる経緯をたどっており、過去の推移に頼った予測が危険であることを如実に示した。

2000年の噴火後数年間は、マグマの西方移動や大量の脱ガスにより山体は収縮傾向にあったが、現在は島の膨張が続いており、地下深部ではマグマの蓄積が続いていると考えられている。三宅島においても、気象庁をはじめとする様々な機関により各種観測が行われており、噴火に先行する地殻変動や地震活動はほぼ確実に捉えられると考えられる。しかし、2000年噴火に伴い山頂に新たに

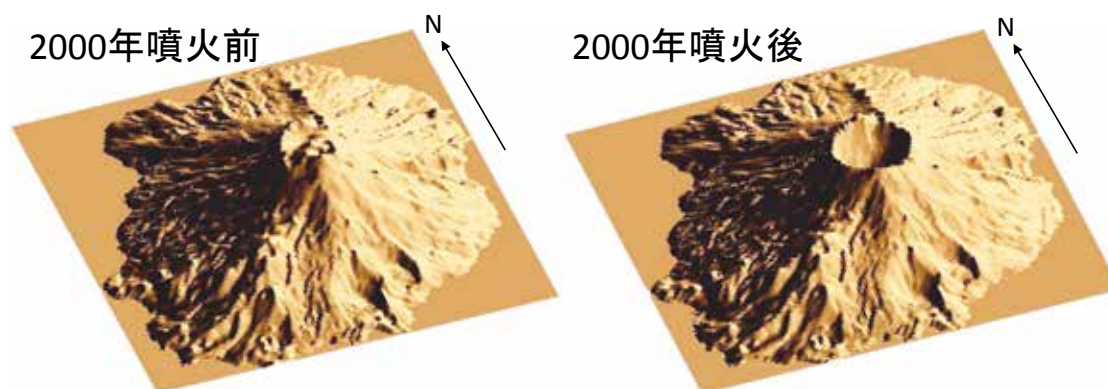


図3 2000年噴火前後の三宅島の地形変化（国土地理院 DEM を使用）

カルデラが形成されたことから、マグマの上昇する条件が大きく変化しており、これまでとは異なる噴火推移をたどる可能性がある。これまでの噴火は山腹噴火で始まり、溶岩流は海岸方向に流れることが多かったが、現在の火口底は雄山火口の縁に対して400～500mほど低く、海拔250～300mほどしか無いことから、上昇した溶岩は山腹で割れ目噴火を起こすよりもむしろ火口内に噴出し火口内を埋める可能性も考えられる。過去の噴火とは全く異なる噴火推移を示す可能性を念頭に置いて噴火に備える必要がある。

4. 西之島

西之島は、東京から南に1000kmほどの位置にあり、最も近い有人島である父島からも130km離れている。1973年に有史以降初めての噴火が発生し西之島新島が出現したが、その後新島は、侵食と堆積により旧島と接続した状態となっていた。2013年11月に西之島の沖合で新たな海底噴火が始まり、流出する溶岩が既存の島を飲み込みつつ拡大を続けた。西之島は、2013-2015年、2017年、2018年、2019-2020年と活動を繰り返し、島の中央に成長した火口丘は一時350m以上の標高に達した。現在は直径2.2kmの円形に近い形状となり、中央火口丘及びその周辺から活発な噴気活動が続いている（図4）。

西之島の2013年から現在までの活動を見ると、溶岩流出期と休止期を繰り返している。また、2019年から2020年の活動ピーク時には巨大な溶岩噴泉を伴っており、火山ガスを多量に含んだ新たなマグマが地下深部から供給されたと考えられている（Kaneko 他、2022）。今後も数年、あるいはそれ以上の間隔を置きつつ、活発な活動が継続すると考えられる。一方、西之島は、比高が3000mを超える巨大な海底火山の山頂付近がわずかに海面に顔を出しているに過ぎず、海底地形を見ると過去の崩落を示唆する地形も見られる。今回の一

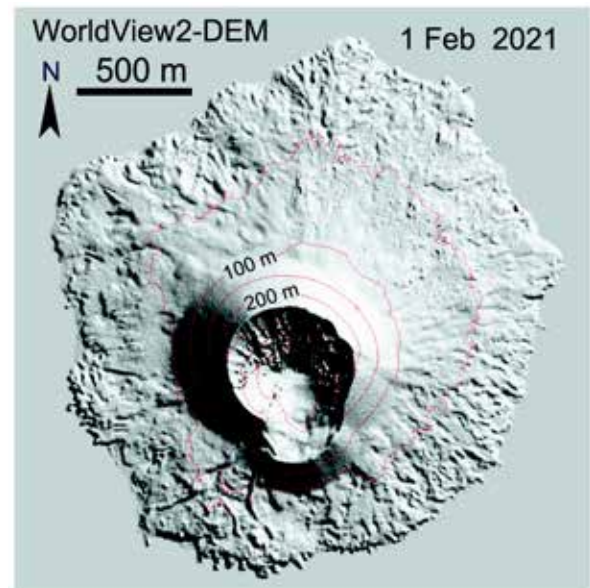


図4 衛星画像に基づく、西之島の2021年2月1日現在の地形（Kaneko 他、2022より）

連の噴火により山頂付近に大きな岩体が積み上がり不安定になったとも考えられ、大規模な山体崩壊が発生すれば周辺に影響を及ぼす津波が発生する可能性も否定できない。西之島は有人島から離れているとはいえ、降灰や津波により居住地に影響を及ぼす可能性に注意すべきである。

5. その他の火山活動

本稿で詳しく取り上げなかったが、伊豆・小笠原諸島には他にも活発な火山があり、その火山活動が居住地に影響を及ぼす事例も見られる。

福德岡ノ場では、2021年8月の噴火による大量の軽石が生じ、その軽石が沖縄をはじめとする日本各地に漂着して漁業や海運に大きな影響を及ぼした。福德岡ノ場では1904年、1914年および1986年にも新島を形成する噴火が記録されており、軽石も大量に発生したと考えられるが、2021年噴火のような大量の軽石が遠地に漂着したという記録は無い。2021年の噴火では、大量の軽石が発生しただけではなく、軽石中の気泡のつながりが悪く海水が浸み込みにくい構造であったために長く海

面を漂った、軽石を長距離運搬する海流の条件が整っていたなど、様々な要因が重なったためと考えられる。今後は、起こり得る火山災害の一つとしてこのような事例も考慮する必要があるだろう。

八丈島の噴火による被害は1605年の中規模噴火まで遡るが、2002年に発生した群発地震の事例も忘れてはならない。これは、地殻変動及び地震データの解析から西山の直下にマグマが貫入したと推定されており、貫入の規模によっては噴火につながるケースもあり得る。青ヶ島では、過去の噴火で大きな犠牲者が出ている。1785年の噴火では当時の居住者の三分の一が死亡し、生き残った住民は八丈島に避難したという。八丈島も青ヶ島も現在は地震、地殻変動、監視カメラ等による観測が行われており、噴火の不意打ちを食らう可能性は低いと考えられるが、離島であることから避難方法が限られることを念頭に置いた対策が必要である。

硫黄島は、激しい山体の隆起が続いており、マグマの蓄積が急速に進んでいると考えられている。一般の住民は住んでいないが、自衛隊が常駐していることから、定期的な観測・監視が行われている。

6. おわりに

各火山の項で繰り返し述べたように、それぞれの火山の活動には特徴があり、過去の噴火事例が参考にはなる場合もあるが、それを過信してはならない。三宅島、西之島、福徳岡ノ場などの事例に見られるように、噴火は必ずしも過去の活動を繰り返すわけではなく、過去の噴火と比較して規模も推移も大きく異なる場合が少なくない。過去の経験・知見にある程度頼ることはやむを得ないが、常に想定外の事象が起こりうることを念頭に置く必要がある。2021年8月の福徳岡ノ場噴火による軽石漂着や、海外の事例ではあるが2022年1月に発生したトンガの海底噴火による津波のよう

に、居住地から離れた火山での噴火による軽石、降灰、津波が到達する可能性も十分にある。火山噴火に起因する災害の多様性を考慮した防災対応の計画を練る必要があるだろう。

伊豆・小笠原諸島の21の活火山の内、有人かつ活動度が比較的高い伊豆大島、新島、神津島、三宅島、八丈島、青ヶ島、硫黄島の7火山が気象庁の常時観測火山に指定され、24時間体制で地震や地殻変動などの各種観測が実施されている。また、大学や東京都、防災科学技術総合研究所、国土地理院、産業技術総合研究所なども有人島を中心に各種観測を行っている。無人島については、衛星を用いた観測が定期的に行われているほか、活動があった場合には海上保安庁が航空機による観測を実施している。海洋研究開発機構も船舶を用いた観測研究を実施している。

このように、伊豆・小笠原諸島の活火山は様々な機関により監視・観測が実施されており、現在の火山学的知見に照らせば、噴火の開始はかなり確度で予測できると考えられる。しかし、その後の噴火推移に関しては予測の精度は未だに十分ではない。離島であることから、噴火の規模によっては島外避難に発展する可能性があることを考慮し、普段から様々な状況に応じた避難方法を検討するとともに、想定外は必ず起きることを前提に、余裕を持った対策を立てることが重要であろう。

【参考資料】

Kaneko, T., Maeno, F., Ichihara, M., Yasuda, A., Ohminato, T., Nogami, K., Nakada, S., Honda, Y., Murakami, H. (2022) : Episode 4 (2019-2020) Nishinoshima activity: Abrupt transitions in the eruptive style observed by image datasets from multiple satellites, Earth, Planets and Space, DOI : 10.1186/s40623-022-01578-6

気象庁 伊豆・小笠原諸島の活火山

<https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcanotk02.html>

地域防災実戦ノウハウ（112）

— キキクルの改悪（「極めて危険」「非常に危険」⇒「危険」）で生じる問題 —

Blog 防災・危機管理トレーニング
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門

（消防大学校 客員教授）

1. 6月30日からのキキクルの変更

(1) キキクルの変更点

6月30日からキキクルでは以下のような変更が行われました。

- ① キキクルの表示色に「黒」が新設され、「濃い紫」と「薄い紫」を「紫」に統合

表1に示すように、キキクルに警戒レベル5相当の「黒」（災害切迫）を新設するとともに、従来の「濃い紫」（極めて危険）及び「薄い紫」（非常に危険）を「紫」（危険）に統合し、これを警戒レベル4相当としました。

なお、後者の「統合」については、福岡管区気象台資料（※）で「警戒レベルのカラーコードにキキクルの表示色を一致させる」た

めとしています。これは、「避難情報に関するガイドライン」（内閣府（防災担当）、2021年5月（2022年6月更新））のp.33に記述されている「③警戒レベルの一覧表の配色については、・・・（中略）・・・とおりとする。警戒レベル相当情報の配色も本配色を用いることとする」を踏まえての措置と思われます。

※「キキクル（危険度分布） 黒の新設と濃い紫、薄い紫の統合」（福岡管区気象台、2022年3月25日）

② キキクルの表示条件の変更

①の変更に合わせてキキクルの表示条件も変更されました。

表2は、土砂キキクルの表示条件の新旧対照表です。「新」の欄の下線部が「旧」から

表1 キキクルの表示色の変更箇所（網掛け部分）

<旧（6月29日まで）>			<新（6月30日から）>	
表示色	警戒レベル		表示色	警戒レベル
—	—		黒（災害切迫）	5相当
濃い紫（極めて危険）	—		紫（危険）	4相当
薄い紫（非常に危険）	4相当	➡	赤（警戒）	3相当
赤（警戒）	3相当		黄色（注意）	2相当
黄色（注意）	2相当		白（水色）（今後の情報に留意）	—
白（水色）（今後の情報に留意）	—			

表2 土砂キキクルの表示条件の新旧対照表（下線部が「旧」からの変更箇所）

旧（6月29日まで）		新（6月30日から）	
表示色	表示条件	表示色	表示条件
—	—	黒（災害切迫）	<u>実況値が大雨特別警報（土砂災害）の指標に用いる基準に到達した場合</u>
濃い紫（極めて危険）	実況値が土砂災害警戒情報の基準以上となった場合	紫（危険）	<u>実況値又は2時間先の予測値が土砂災害警戒情報の基準に到達する場合</u>
薄い紫（非常に危険）	2時間先の予測値が土砂災害警戒情報の基準以上となる場合		
赤（警戒）	2時間先の予測値が大雨警報（土砂災害）の基準以上となる場合	赤（警戒）	<u>実況値又は2時間先の予測値が大雨警報（土砂災害）の基準に到達する場合</u>
黄色（注意）	2時間先の予測値が大雨注意報の基準以上となる場合	黄色（注意）	<u>実況値又は2時間先の予測値が大雨注意報の基準に到達する場合</u>
白（水色）（今後の情報に留意）	2時間先の予測値が大雨注意報基準未満の場合	白（水色）（今後の情報に留意）	<u>実況値及び2時間先の予測値が大雨注意報基準未満の場合</u>

の主な変更箇所です。「黒」の表示条件が新設され、「赤」、「黄色」、「白（水色）」の表示条件に「実況値」が追加されました。また、波模様の下線部は「濃い紫」と「薄い紫」の「紫」への統合に伴う記述の統合です。なお、表2には、「基準以上となる」（旧）と「基準に到達する」（新）との表現がありますが、これらはほぼ同義であるため「変更」としませんでした。

同様の変更は洪水キキクル、浸水キキクルでも行われています。詳しくは気象庁サイトをご覧ください。

(2) キキクルの「濃い紫」と「薄い紫」の「紫」への統合がもたらす問題

キキクルの「濃い紫」（極めて危険）と「薄い紫」（非常に危険）の表示は、市町村の皆さんが避難指示の判断や避難指示対象地域等の絞りこみに際し最も重視している情報のはずです。同様に住民にとっても避難を判断する際の最重

要情報であり、住民の生命を左右する情報といえます。それゆえ筆者は「濃い紫」と「薄い紫」はキキクルの「核」と考えています。

以下では土砂キキクルを例に今回の統合がもたらす問題を指摘します。

ご存知のように、「薄い紫」（非常に危険）は2時間先までの予測値が土砂災害警戒情報の基準（土砂災害発生危険基準、クリティカルライン（CL））以上となった場合、「濃い紫」（極めて危険）は実況値が土砂災害警戒情報の基準以上となった場合に表示されます。この危険度の違いは明白です。そして、この違いを念頭に市町村の皆さんは意思決定されているはずです。

たとえば、「薄い紫」（やそのときに発表される土砂災害警戒情報）の出現を受けキキクルやその他情報の監視を強化し、「濃い紫」の出現で速やかに避難指示を行う（あるいはそのタイミングをうかがう）といった活用をしているところも少なくないでしょう。

しかし、今回の変更によりキキクル画面上に

「紫」が表示されたとき、土砂災害警戒情報の基準を超えたのは2時間先の予測値なのかそれとも実況値なのかがわからなくなります。つまり、危険度の高まり（進展）具合を把握できなくなります。その結果、現場の意思決定はこれまでより格段に難しくなります。このような変更は改善ではなく改悪だと考えます。市町村の防災現場の実状を踏まえたものとはとても思えません。

避難の判断・行動が本格化する警戒レベル4の重要性を考えれば、キキクルの危険度をこれまでどおり細分化（2区分）して表示することこそが本来のあるべき姿です。しかし、今回、警戒レベルの「紫」のカラーコードに完全一致させることに固執し、その区分を無くしたことは本末転倒と言わざるをえません。

今回の統合は、例えるなら「震度6強」と「震度6弱」を統合して「震度6」とするようなものであり、その意義は全く見いだせません。それどころか、「角を矯めて牛を殺す」結果となり、失うものの方がはるかに大きいと感じます。

防災関係者だけでなく、国民に「自らの命は自らが守る」ために広く活用してもらうことを目指したキキクル（愛称）ですが、これではその有用性を実感してもらえず普及の足かせになると心配されます。

2. キキクルの変更に伴う影響を大雨時の状況進展に沿って確認する

今回の変更による避難判断等への影響を大雨時の状況進展に沿って確認してみます。表3は、前号の資料5（2014年8月20日の広島市豪雨をアレンジして作成）中の旧キキクルの表示と新キキクルのそれとを比較したものです（変更箇所には下線を付しています）。

この表からは、以下の時間帯で今回の変更に伴う問題が鮮明になります。

<18:40の時点>

旧キキクルでは画面上に「濃い紫」（極めて危険）が初めて出現します。これにより危険度の上昇が確認され、避難指示発令に向けての対応等が加速します。しかし、新キキクルでは「紫」（危険）のままの表示ですので、ギアチェンジのきっかけをつかむことはできません。

<19:10の時点>

旧キキクルでは画面上に「濃い紫」（極めて危険）エリアが拡大します。これにより事態のさらなる悪化が確認されるとともに、新たに危険度が高まったエリアへの対応に注力することになります。しかし、新キキクルでは「紫」（危険）のエリア数増加を確認できてもエリア内のどこで危険度がより高まっているかを把握できないため、要対策エリアを特定することができません。そのため、防災担当者はプレッシャーや焦燥感を感じるようになります。

<19:30の時点>

新キキクルでは画面上に「黒」（災害切迫）が出現します。ここに至って初めて、「紫」（危険）からのさらなる危険度の高まりを知ることになります。しかし、ご覧のようにこの時点では災害が既に発生している可能性が高い状況ですので、「黒」（災害切迫）を合図に行動したのでは行政も住民も「事後的対応」に陥る可能性が大きくなります。

以上の検討からは、18:40、19:10の時点での「濃い紫」（極めて危険）の出現・拡大の情報は、市町村の意思決定・対応の成否を左右するものとなっていることがわかります。1の(2)で述べた今回の「統合」に伴う問題が改めて確認されたといえます。

なお、今回の変更に伴う土砂キキクルに係る問題を回避するためには、旧キキクルに準じた表示をしている道府県の土砂災害危険度情報

(今回の改悪の波が及ばないことを願っています)を活用してください。

表3 キキクルの新旧比較一大雨時の状況進展に沿って(注1)ー

時刻	雨量(注2) (mm)			< 旧(6月29日まで) キキクル / 気象情報 (注3)	予想される 管内の状況 (注4)	< 新(6月30日から) キキクル / 気象情報
	1 時間	3 時間	24 時間			
15-16	0	20	45			
16-17	5	25	50	16:40 土砂キキクル「黄」が5か所 16:43 大雨注意報		16:40 土砂キキクル「黄」が5か所 16:43 大雨注意報
17-18				17:40 線上降水帯出現、北東方向に移動、 60mm/h相当強度の降雨エリア確認【雨雲の動き】 17:50 土砂キキクル「赤」が6か所、「黄」が 10か所 17:54 大雨警報(土砂災害)		17:40 線上降水帯出現、北東方向に移動、 60mm/h相当強度の降雨エリア確認【雨雲の動き】 17:50 土砂キキクル「赤」が6か所、「黄」が 10か所 17:54 大雨警報(土砂災害)
	30	35	80			
18-19				18:10 土砂キキクル「薄い紫」が8か所、「赤」 が17か所 18:11 土砂災害警戒情報(第1号) 18:20 凸凹川で洪水キキクル「黄」 18:30 浸水キキクルの「薄い紫」が30か所、「赤」 が12か所 18:40 100mm/h相当強度の降雨エリアが線状降 水帯内に出現【雨雲の動き】 18:40 土砂キキクル「濃い紫」が15か所、「薄い 紫」が20か所 18:40 浸水キキクル「濃い紫」が20か所、「薄い 紫」が10か所 18:50 凸凹川で洪水キキクル「赤」 18:55 120mm/h相当強度の降雨エリアが線状降 水帯内に出現。線上降水帯がA地区、B地区、C 地区の上に止まる傾向【雨雲の動き】	この頃から「家 の中に水が入っ てきた」などの 119通報入り始め る 119通報が急 増。ただし、この 時点の通報の多く は、家屋浸水、道 路冠水等	18:10 土砂キキクル「紫」が8か所、「赤」が17 か所 18:11 土砂災害警戒情報(第1号) 18:20 凸凹川で洪水キキクル「黄」 18:30 浸水キキクルの「紫」が30か所、「赤」が 12か所 18:40 100mm/h相当強度の降雨エリアが線状降 水帯内に出現【雨雲の動き】 18:40 土砂キキクル「紫」が35か所 18:40 浸水キキクル「紫」30か所 18:50 凸凹川で洪水キキクル「赤」 18:55 120mm/h相当強度の降雨エリアが線状降 水帯内に出現。線上降水帯がA地区、B地区、C 地区の上に止まる傾向【雨雲の動き】 18:58 日没
	90	125	170	18:58 日没		
19-20				19:10 土砂キキクル「濃い紫」が約40か所、 「薄い紫」10か所 19:10 浸水キキクル「濃い紫」が約35か所 「薄い紫」10か所 19:20 線上降水帯がA地区、B地区、C地区 の上から動かず【雨雲の動き】 19:40 凸凹川など3河川で洪水キキクル「薄い 紫」 19:41 大雨特別警報(土砂災害、浸水害) 19:49 記録的短時間大雨情報(第1号)	119通報が鳴り やまず コールセンタ ー・シンドロ ーム(注5)の発 生懸念 豪雨集中地域で 停電が頻発 この頃、最初の 生き埋め救助119 要請。以降、救助 要請殺到	19:10 土砂キキクル「紫」が約50か所 19:10 浸水キキクル「紫」が約45か所 19:20 線上降水帯がA地区、B地区、C地区 の上から動かず【雨雲の動き】 19:30 土砂キキクル「黒」が約8か所(注6) 19:30 浸水キキクル「黒」が約6か所 19:40 凸凹川など3河川で洪水キキクル「紫」 19:41 大雨特別警報(土砂災害、浸水害) 19:49 記録的短時間大雨情報(第1号)
	110	230	280			

(注1) 本表は2014年8月20日の広島市豪雨時の資料をアレンジして作成したものであるが、実際の豪雨は表示時刻より8時間遅い深夜に発生している(たとえば、「19-20」は「3-4」となる)。

(注2) 「今後の雨(降水短時間予報)」画面において当該時点までの1時間・3時間・24時間雨量が最大となっているエリアの値と想定。なお、この雨量は2014年8月20日の広島市豪雨で最多雨量となった上原(安佐北区)の値をベースにしている。

(注3) 前号の表5の記述を一部修正・加筆

(注4) 2014年8月20日の広島市豪雨時に生じた事象を参考に作成している。

(注5) 災害時に殺到する「問い合わせ」電話等により災害対策本部(事務局)や消防の指令管制室等の指揮中枢機能が麻痺状態に陥る現象

(注6) 注2の上原(安佐北区)の土壌雨量指数は、19:30頃(実際の豪雨では3:30頃)に大雨特別警報(土砂災害)基準(約190)に達する。

配線器具の鑑識について

新潟市消防局予防課火災調査係

1 はじめに

火災統計では、出火原因の上位に放火、たばこ、こんろの起因した火災が占めており、火災に至る要因も明らかな事案が多い。しかし、電気が起因する火災は電灯・電話等の配線、配線器具、電気機器などの複数の火源が存在し、鑑識となればこれらの可能性を肯定又は否定しなければならない。

本市における政令市移行後の平成19年から令和2年までの15年間の出火原因の推移をみると、電気関係の火災は緩やかではあるが、右肩上がりで増加し、平成28年以降は放火火災の件数を上回っている状況である。感染症予防の観点から自宅に滞在する機会が増えた時期もあり、リチウムイオン電池の発火、複雑なたこ足配線が原因となる火災、壁付コンセント（以下、「壁付コンセント」とする。）付近からの出火が近年増加している。

壁付コンセントの付近から出火するケースでは、たこ足配線による過電流や壁付コンセントの劣化からなる接触部過熱のほか、トラッキング、短絡などの様々な出火原因がある。建築経過年数や生活環境により、壁付コンセントの劣化状況や消費電力は異なるが、屋内配線の状況、壁付コンセントに接続する家電、又はプラグの差し刃に見られる溶融痕などの状況から出火原因を特定している。

2 紹介事例について

近年増加している壁付コンセント付近の火災のうち、いずれも壁付コンセントに複数の家電が接続され、建物も30年を経過するなど共通する状況も見られる2つの事案について、壁付コンセントの構造や焼損状況を比較しながら紹介する。

	事案①	事案②
出火年月 時間帯	A年4月 23時頃	B年3月 時分不明
構造 階数 建物用途 建築年	準耐火（非木造） 2階建て 作業場 平成3年	木造 2階建て 共同住宅 昭和60年
焼損程度 出火箇所	部分焼 2階研修室	ぼや 1階居室
壁付コンセントへの 屋内配線接続状況	電源回路中の 送り配線コンセント	電源回路の 末端コンセント
壁付コンセントに係る 消費電力の合計	約600W	約2,600W 以上

3 事案①について

本火災は、壁付コンセント部分又はその壁付コンセントに接続された家電製品の電源コード等からの出火が推定された事案で、鑑識の結果、壁付コンセントからの出火を否定した事案である。

(1) 現場見分状況

出火箇所付近の火源の状況は、2口の壁付コンセントとその付近の液晶テレビ（以下、「テレビ」とする。）、VHS ビデオデッキ（以下、「ビデオデッキ」とする。）、テレビとビデオデッキの電源コードに焼損が認められた。



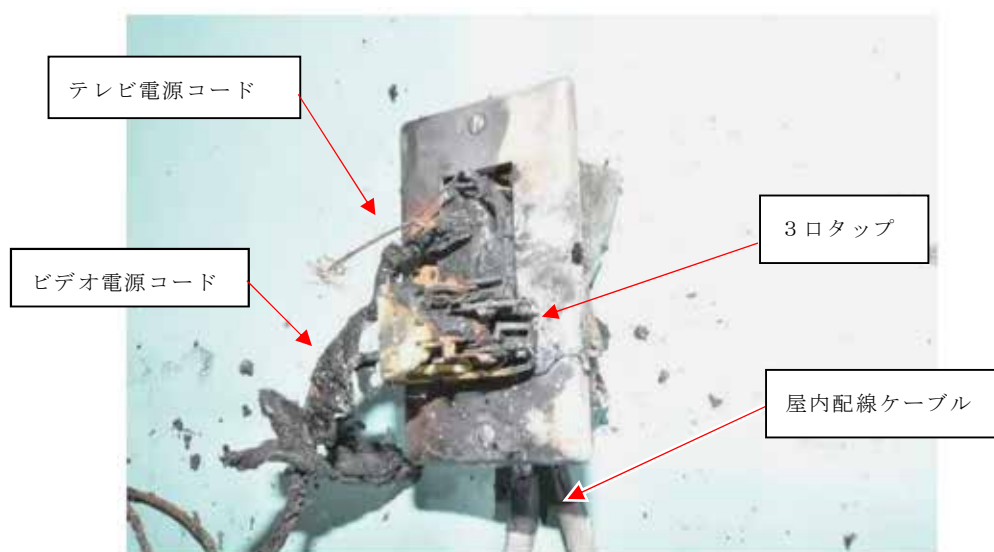
【出火箇所の状況】

壁付コンセントの上部差込口には、テレビの差し込みプラグが接続されており、プラグ部分の樹脂が焼失して差し刃が露出し、電源コード部分の配線被覆も焼失して素線の露出が認められた。

下部差込口には、3口タップが接続されており、3口タップに向かって左側差込口にはビデオデッ

キの差し込みプラグが接続され、プラグ部分の樹脂は溶融し、電源コード部分の配線被覆にも溶融が認められた。

3口タップの正面差込口と向かって右側差込口には他のプラグの接続は認められなかった。

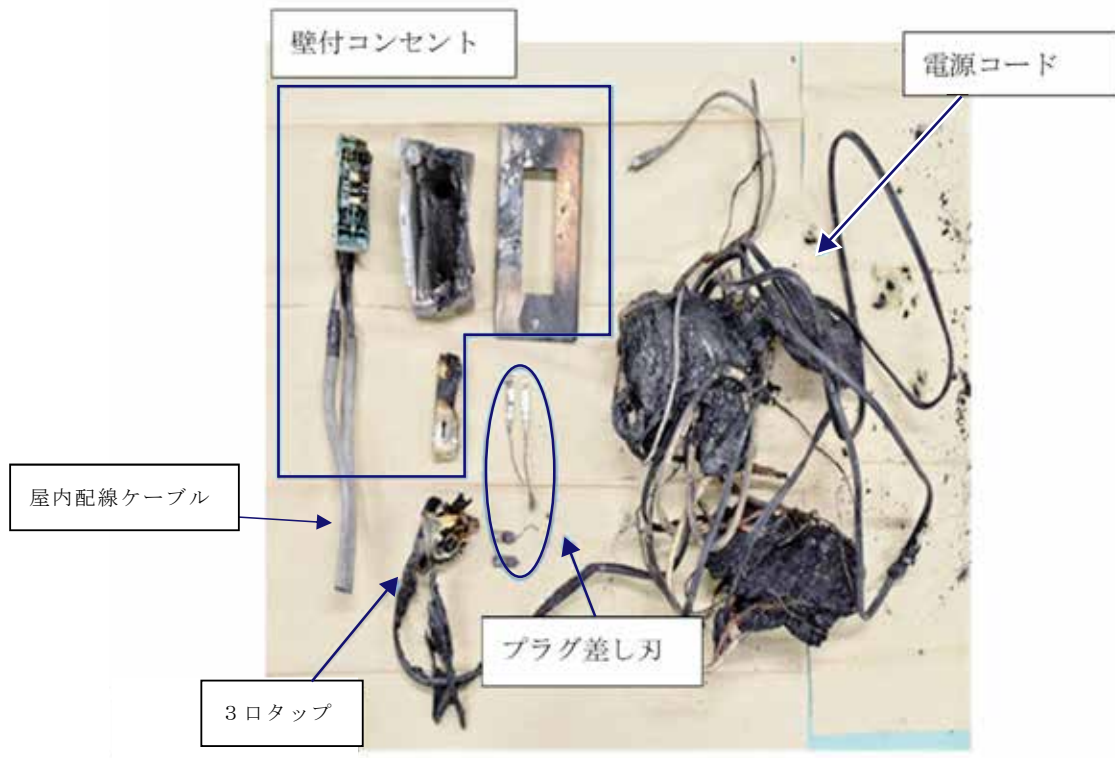


【2口壁付コンセントの状況】

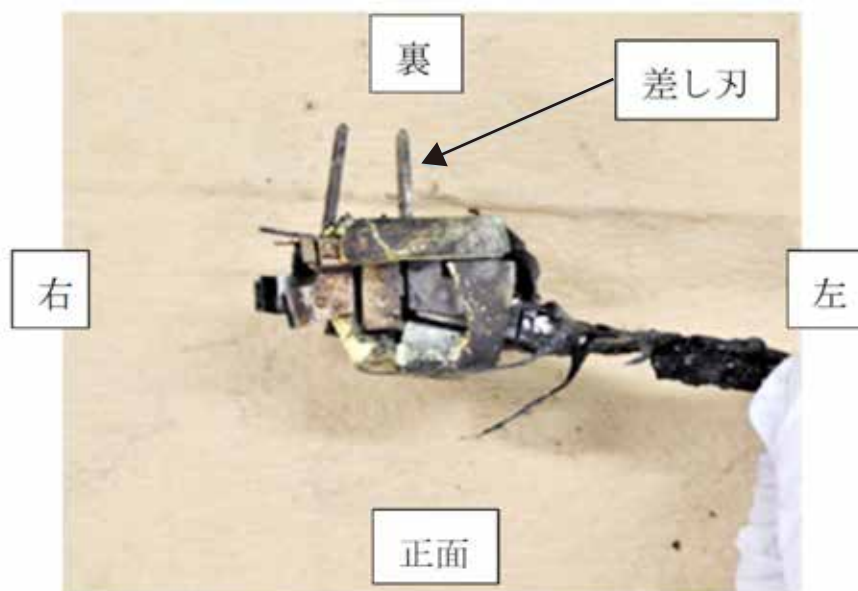
(2) 鑑識見分状況

本鑑識は出火箇所から収去した、壁付コンセント、そこに接続された3口タップ、テレビの電源

コードと差し込みプラグ、ビデオデッキの電源コードと差し込みプラグ及び屋内配線ケーブルを鑑識した。



3口タップの状況は、差し刃は両刃とも位置、原形を留めているが、黒い変色が認められる。

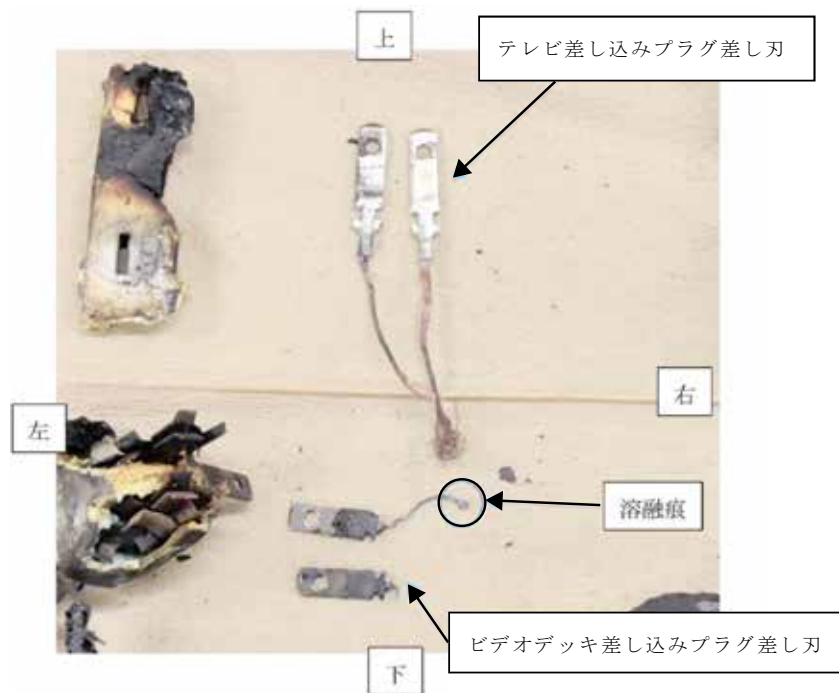


※3口タップは使用時、左側の差込口にビデオデッキの差し込みプラグが接続されていたため、写真では差し込みプラグが接続されていた側を左とした。

テレビの差し込みプラグ差し刃及び電源コード素線に溶融痕は認められない。

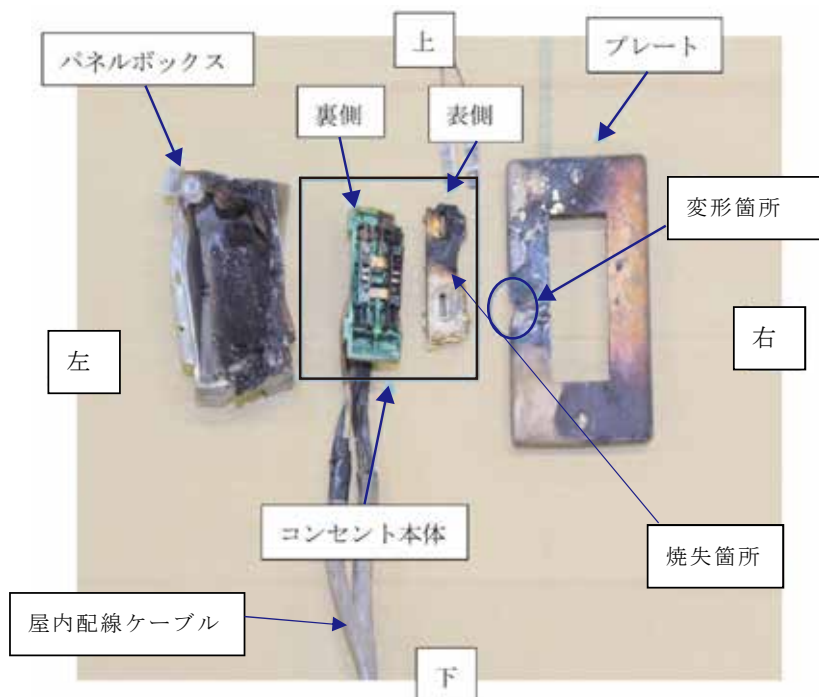
ビデオデッキの差し込みプラグの差し刃に溶融

痕は認められないが、電源コードの残存している素線の先端には溶融痕が認められる。



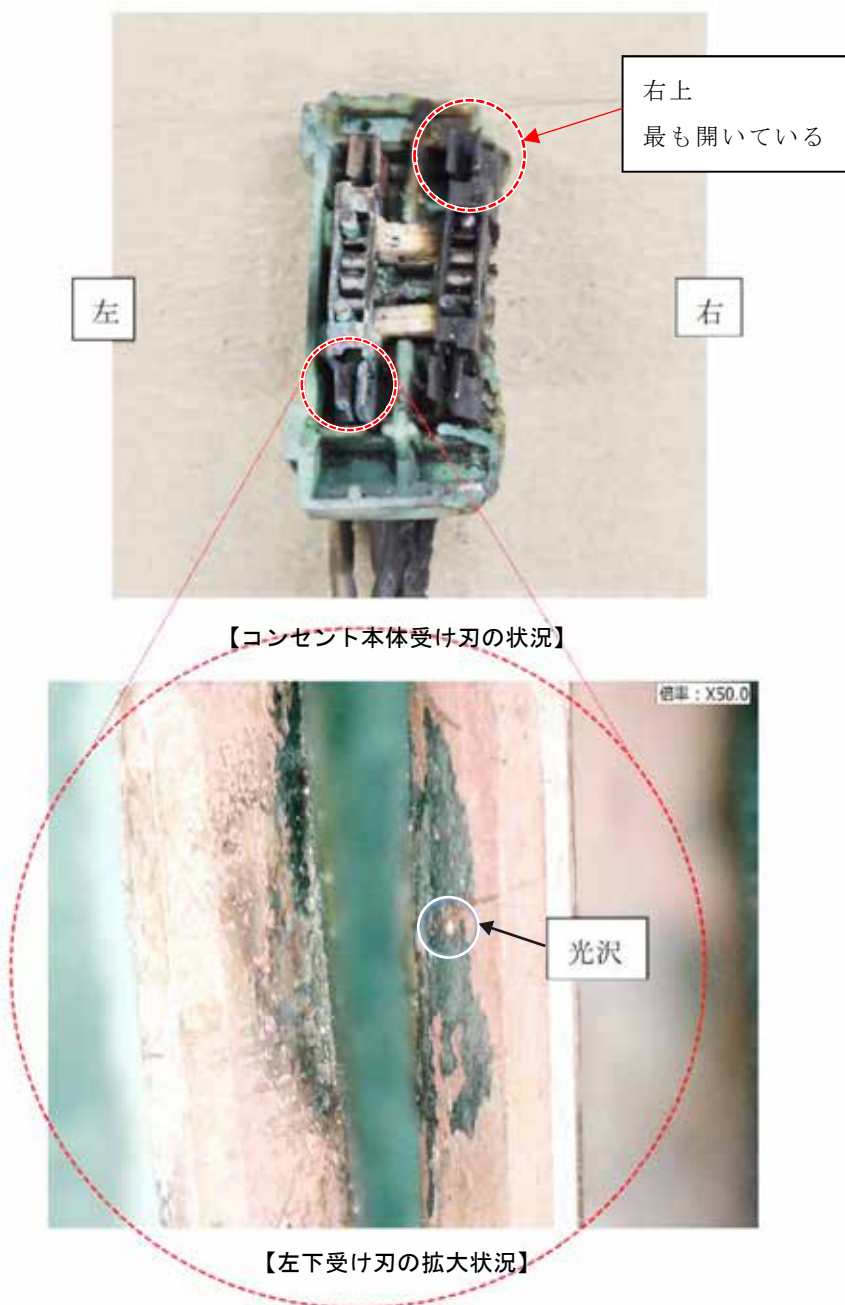
壁付コンセントの各部品品の状況は、プレートは全体的に変色が認められ、左側には変形が認められる。コンセント本体の白色樹脂プレートは中心部右側が焼失し、上側は炭化し、下側は若干の変色が認められる。コンセント本体の緑色樹脂プ

レートは、右側に炭化が認められるが、その他の部分は原形を留めている。接続された屋内配線ケーブルは合計4本の送り配線仕様となっている。パネルボックスは全体が溶融変形し、特に右側部分の溶融と黒い変色が認められる。



コンセント本体受け刃の状況は、右側の受け刃は全体が黒く変色しており、左側の受け刃は部分的に錆の発生が認められる。受け刃の開き具合は右上の受け刃が最も大きく開いており、その他の3つはいずれも同程度に若干開きが認められる。

左下の受け刃の状況をデジタルマイクロスコープ（株式会社キーエンス VHX-5000）拡大撮影すると、プラグ差し刃の接触部付近が黒く変色し、受け刃右側中心部に小さな光沢があり溶融が認められる。



コンセント本体裏側に接続される屋内配線ケーブルの状況は、いずれのケーブルにも溶融痕は認

められない。



【配線 1 の外観状況】



【配線 2 の外観状況】

(3) 関係者等の供述

出火箇所に設置したテレビは約10年前に入れ替えており、ビデオデッキは建物の建築当時から使用しているとのこと。テレビ、ビデオデッキの差し込みプラグは抜いたことがなく、テレビ等の設置された背面は清掃しており埃等はなかったと供述している。

(4) 考察

本火災は、出火箇所を壁付コンセント付近と判定し、①壁付コンセントとそこに接続された3口タップ、差し込みプラグの接触部過熱による出火、②壁付コンセント本体裏側の屋内配線ケーブルと接続部の接触部過熱による出火、③テレビ又はビ

デオデッキの電源コードの短絡による出火の可能性について検討した。

①②については、接続されたテレビ、ビデオデッキの消費電力の合計が当該コンセントの許容される電力内であること、また、壁付コンセントは送り配線仕様であるが出火室内には他に消費電力の大きい家電がないこと、各差し刃、受け刃、屋内配線ケーブルに顕著な溶融痕が認められないこと、コンセント本体に強い焼損が認められず、そこから出火したとした場合の焼損状況と全体の焼損の整合がとれないことから、各受け刃と各差し刃又は屋内配線と壁付コンセント配線接続部の「接触部の過熱」による出火は否定した。

③については、テレビ及びビデオデッキは設置

から10年以上経過しており電源コードの配線被覆は劣化が想定されること、テレビ及びビデオデッキの通電状況については不明であるが主電源を切らない限りは微弱な電流が流れていること、テレビの電源コードは切断しているが、ビデオデッキの電源コードに溶融痕が認められること、また、コンセントプレートに変形が認められることから局所的な強い焼損が認められること、以上のことから電源コードの短絡と推定したものである。

4 事案②について

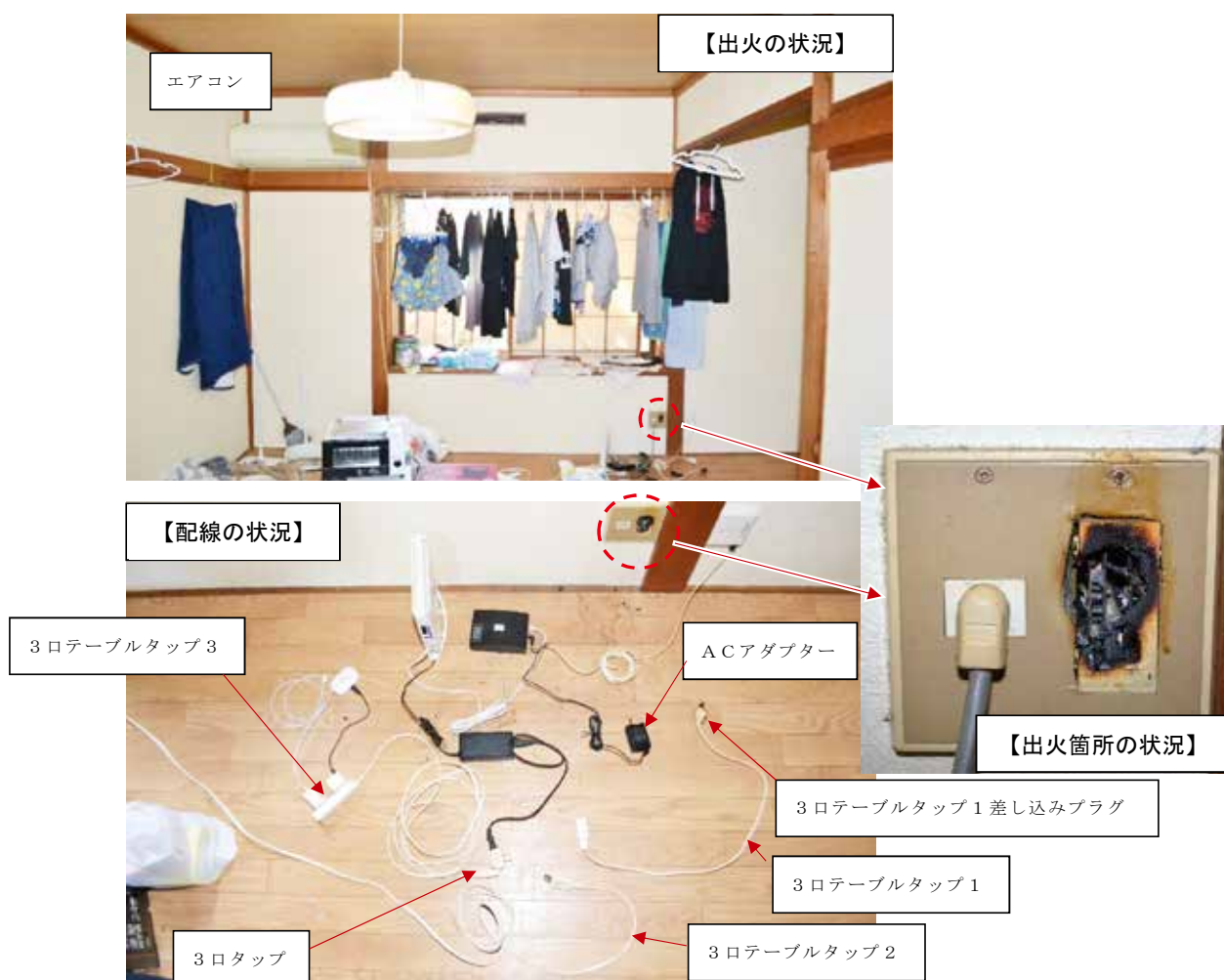
本火災は、出火から3日経過後に覚知した事後聞知火災で、出火原因は壁付コンセントの受け刃部分とテーブルタップの差し込みプラグの接触部過熱と推定される。

(1) 現場見分状況

出火箇所付近の火源の状況は、2口の壁付コンセントとテーブルタップの差し込みプラグ、ACアダプターが焼損しており、テレビアンテナ用端子にはアンテナケーブルが接続されて、テレビアンテナ用端子及びアンテナケーブルに焼損は認められなかった。

壁付コンセントの下部の差し込み部分は、差し穴部分の合成樹脂の炭化が認められ、左側の差し穴に差し刃の残存が認められた。

壁付コンセントの下方の床には、差し込みプラグ部分が一部焦げたテーブルタップ（以下、「3口テーブルタップ1」とする。）と、一部溶融しているACアダプターが認められた。その他、床面には家電製品などが置いてあるが焼損は認められず、コンセント裏側に接続される屋内配線の被



覆に溶融及び焼損は認められなかった。

壁付コンセントの焼損状況は、鑑識見分状況に記載する。

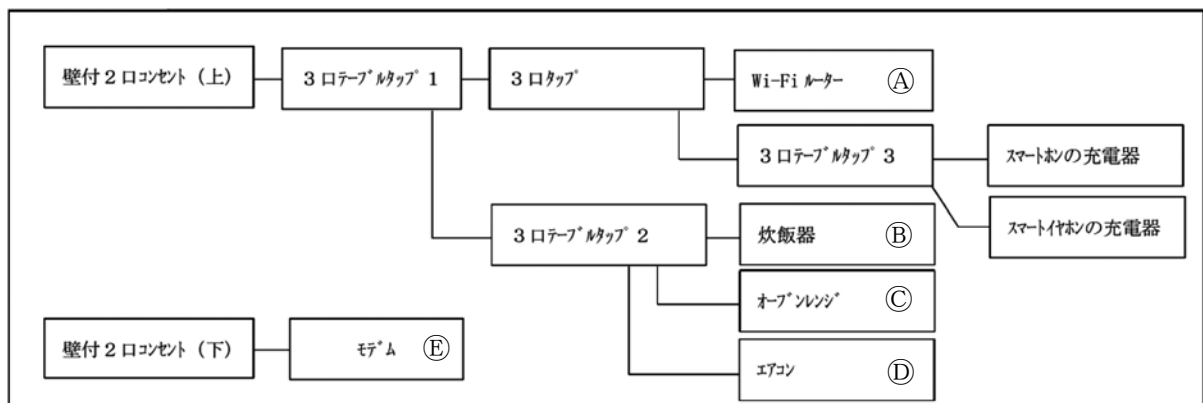
3口テーブルタップ1の状況は、差し込みプラグ部分のみが焼損している。

3口テーブルタップ1の接続状況を確認すると、3口タップ及び3口テーブルタップ（以下、「3口テーブルタップ2」とする。）が接続され、3口タップにはWi-Fiルーター及び3口テー

ブルタップ（以下、「3口テーブルタップ3」とする。）が接続されている。

3口テーブルタップ2には、炊飯器、オーブンレンジ及びエアコンが接続され、3口テーブルタップ3にはスマートホンの充電器及びスマートイヤホンの充電器が接続されている。いずれも焼損は認められない。

各3口テーブルタップ及び各家電の接続状況並びに接続している機器の消費電力を図で表す。



- (A) DC 12 V / 3.3 A
- (B) AC 100 V / 660 W
- (C) AC 100 V / 1200 W
- (D) AC 100 V / 820 W
- (E) DC 12 V / 0.4 A

(2) 鑑識見分状況

3 ロテーブルタップ 1 は、PSE マーク、製造会社、品番、「15A 125V 合計1500W MADE IN CHINA」の刻印、コードに「VCTFK 2 × 1.8mm 2018」とプリントが認められる。

焼損状況は、差し込みプラグ及び差し刃のみに焼損が認められる。差し込みプラグ上面は、樹脂

が茶色く変色していることに対し、差し込みプラグ下面の表面は黒く焼損し樹脂が溶融し変形していることが確認できる。

差し込みプラグを X 線透過装置（松定プレシジョン株式会社製 μ RAY8400）で透過撮影すると、配線の断線、銅粒は認められない。プラグ内部の樹脂は両極間以外の部分も薄く透過される。



【X 線透過の状況】

プラグ樹脂内部の状況は、スポンジ状になっていることが認められ、配線に断線や溶融痕は認め

られない。

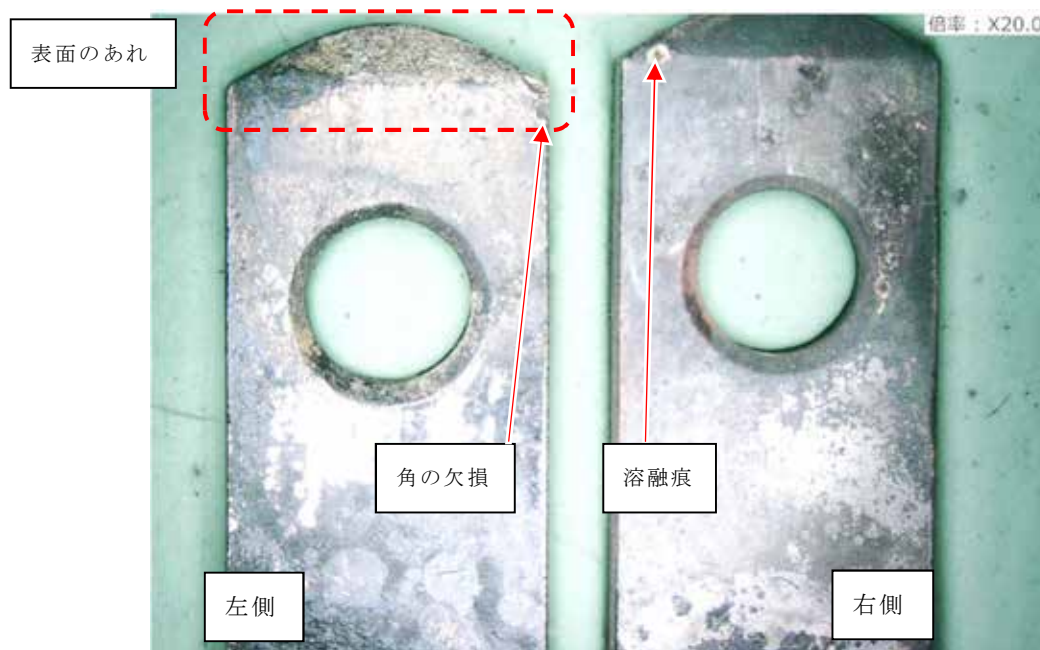


【内部の状況】

差し刃の状況をデジタルマイクロスコープ（株式会社キーエンス製 VHX-5000）で拡大撮影すると、左側差し刃の先端表面が荒れており、右

上の端の角が欠損していることが確認できる。

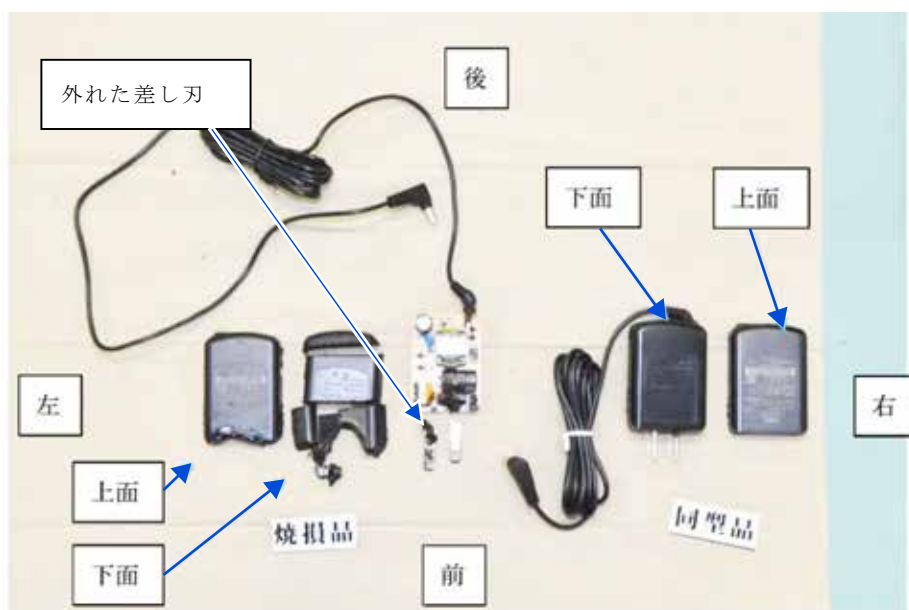
右側の差し刃の先端に小さな光沢があり熔融痕が認められる。



【差し刃の拡大状況】

ACアダプターの状況は、差し刃側に焼損が認められ、中心部の樹脂カバーが焼失し内部を目視できる。左側の差し刃は外れており、差し刃を取

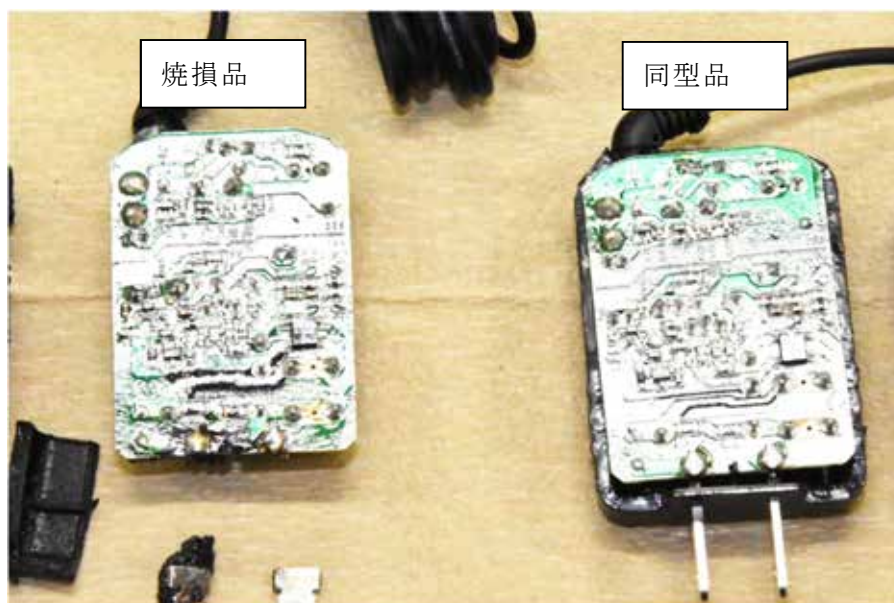
付けるクリップが露わになっている。下面の樹脂カバーは大きくえぐれたような熔融が認められる。



【ACアダプターの状況】

内部の基板半田面は、差し刃のコネクター部付近の基板表面が黒く変色しているが、パターン銅

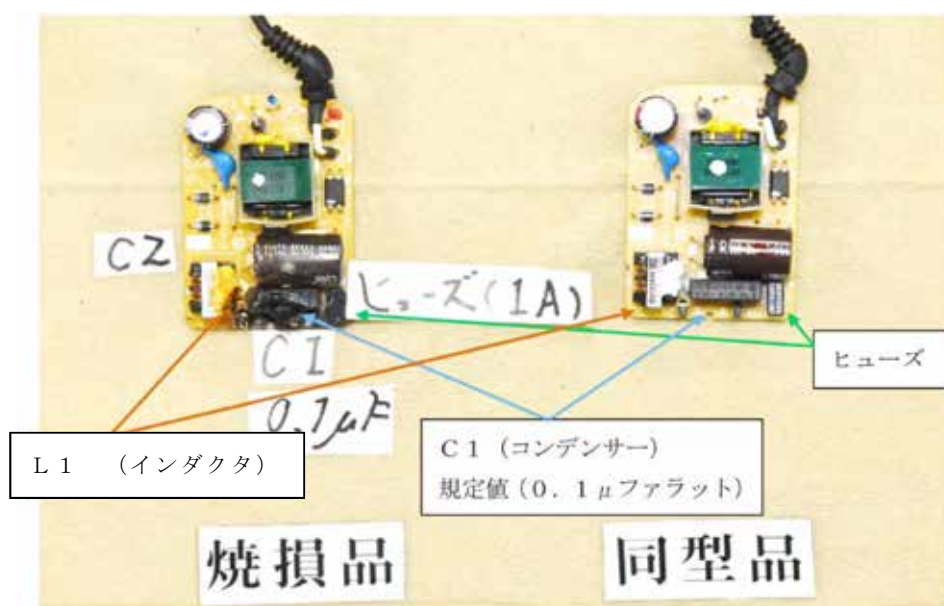
箔の欠損は確認できない。



【基盤半田面の状況】

内部の基板部品面は、差し刃側に長方形のC1（コンデンサー）があり、表面が大きく歪んでおり変形が認められる。また、C1（コンデンサー）の右側にヒューズがあり、表面は黒く変色し、表面の文字を確認することができない。L1（インダクタ）の表面は茶色く変色している。基板表面はC1コンデンサー付近及び差し刃のコネ

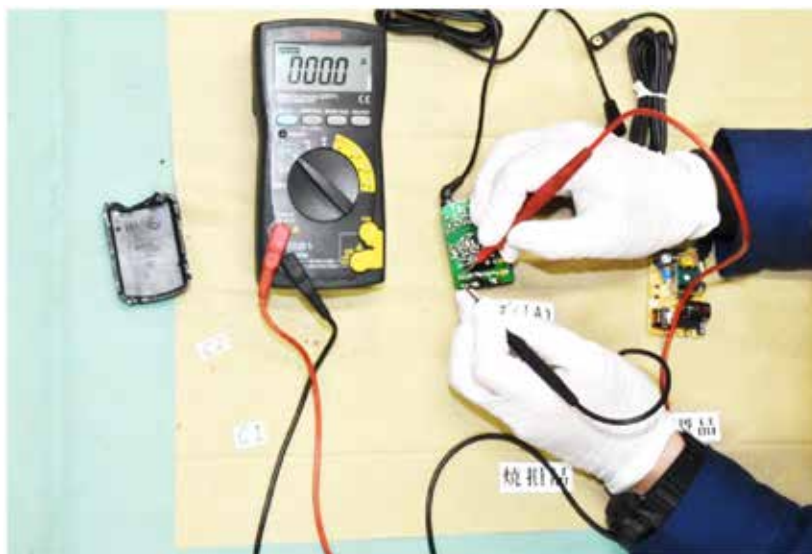
クターの付近が黒く変色しているものの、基板の欠損は認められない。立会人に各部品について確認すると、「C1はコンデンサーで規定値は0.1 μ ファラッドです。ヒューズは1A250Vで溶断します。L1はインダクタで、茶色く変色した部分は部品の接着剤で素材はシリコンです。」とのことである。



【基盤部品面の状況】

ヒューズの状況をデジタルマルチメーター（SANWA CD771）を用いてヒューズ（0.1A）の

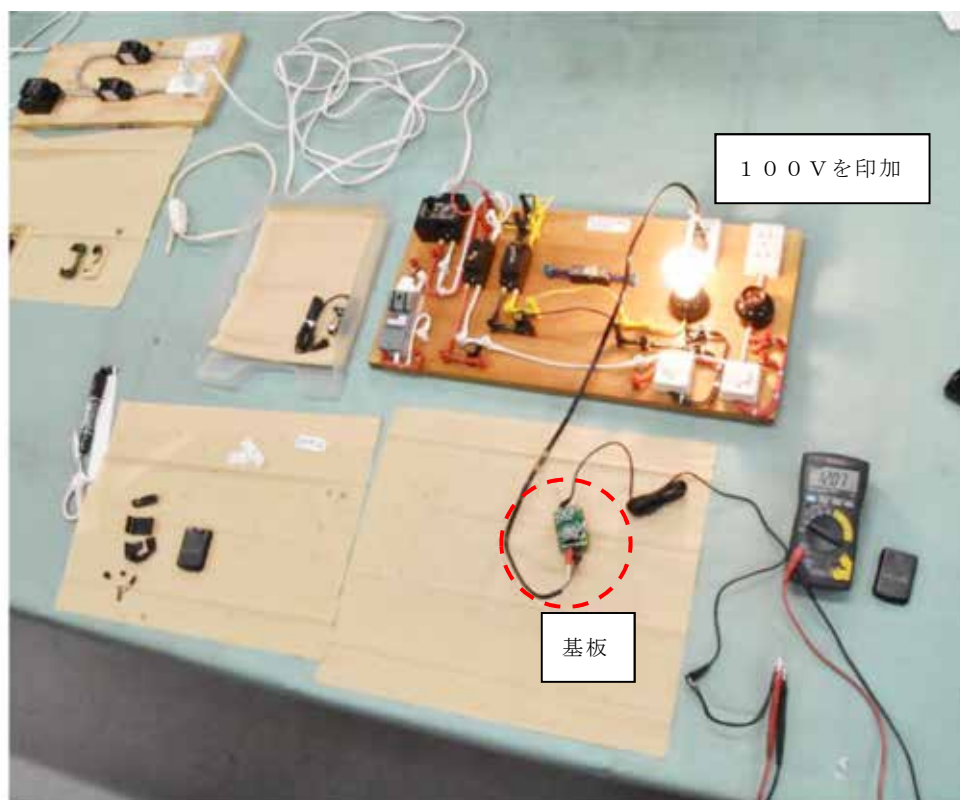
導通を確認すると、「0Ω」を示し、ヒューズの溶断は認められない。



【ヒューズの測定状況】

内部の基板部品の状況を確認するため、電気実験盤を使用し、差し刃の外れた基板へワニロクリップを接続し、100V 交流電源を印加後、二次側の電圧をデジタルマルチメーター（SANWA

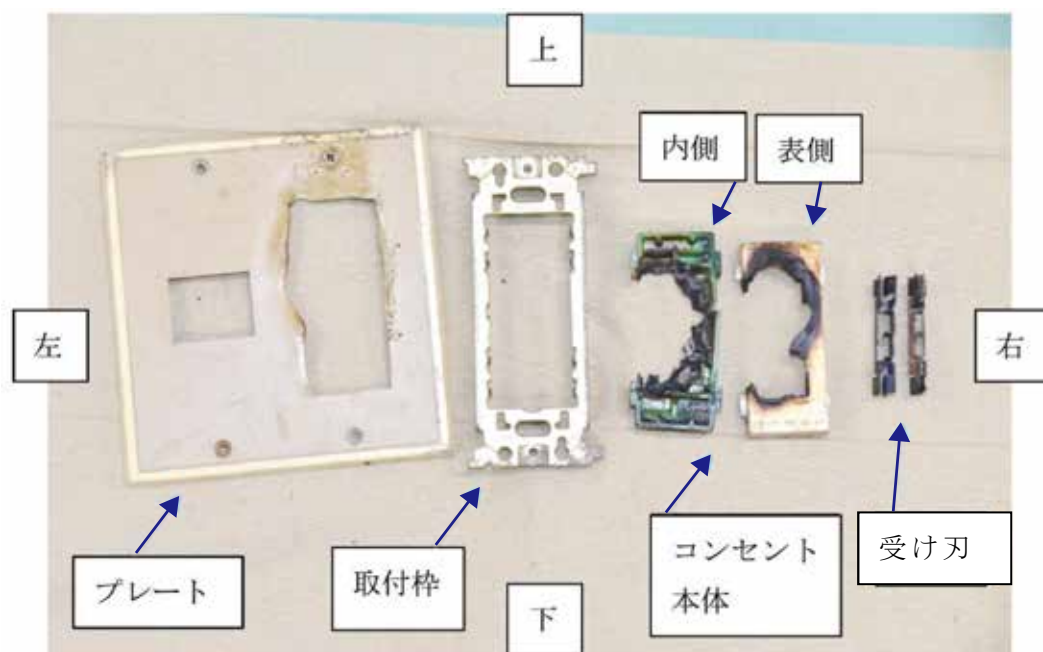
CD771）を用いて測定すると、電圧は出力12.07Vで、規定出力は12Vであることから、構成部品は正常に機能しており、基板に異常はないことが確認できる。



【基盤部品の状況】

壁付コンセントの状況は、プレートはコンセント本体が接する面の枠左側及び上側に溶融があり、表面は茶色く変色している。取付枠に変形や煤の付着は認められない。コンセント本体内側の緑色の樹脂製プレートは、中心から左側にかけて焼失

している。コンセント本体の白色の樹脂製プレートも中心から左側にかけて焼失しており、下側は原形を留めていることに対し、上側は炭化が認められる。



【壁付コンセント正面の状況】

受け刃は左右どちらも黒く変色していることが見分できる。

受け刃の拡大状況をデジタルマイクロスコープ

(株式会社キーエンス製 VHX-5000) で拡大撮影し見分すると、受け刃表面に楕円形の傷のようなものがあり、その中心部は光沢が認められる。



【受け刃の外観状況】



【受け刃の拡大状況】

(3) 関係者等の供述

覚知、通報日の3日前に火元者宅に訪れた友人が焦げ臭に気付いているが、火元者はその後も焦げ臭も感じていない。また、火元者及び友人も火煙は確認していない。

火元者によると出火日から覚知、通報日までの3日間も当該壁付コンセントにつながる家電製品はいつも通り使えていたとのことで、炊飯器、オーブンレンジ、エアコンを同時に使用するとブレーカーが落ちたことがあるとの供述である。

延長コードは購入した4年前から、モデムのアダプターは2年前くらいから壁付コンセントに差したままで抜いたことがなく、清掃もしたことはないとのことである。また、洗濯物は壁付コンセント上方のカーテンレールに干していたとのことである。

(4) 考察

本火災は、焼損した部分が壁付コンセントとそこに接続された3口テーブルタップ1の差し込みプラグとACアダプターのみである。

関係者の供述では、壁付コンセントに接続された家電製品はいずれも出火後も使用できたとのことである。

鑑識見分では、①3口テーブルタップ1の差し込みプラグ樹脂部の内部トラッキングによる出火、②ACアダプターの基盤部からの出火、③壁付コンセントと差し込みプラグの接触部加熱による出火の可能性について検討した。

①については、X線透過装置と分解調査の状況により差し込みプラグ樹脂内部のスポンジ状態が両極間以外の部分に広く認められること、差し込みプラグ樹脂内部の配線、カシメ部分の状態が健全であることから出火を否定した。

②については、基板の半田部が健全なこと、部品部の各部品はテスター検査及び電圧を印加しての通電検査により異常は認められず、使用ができ

たことから出火を否定した。

③については、①及び②の出火の可能性が鑑識結果により出火が否定され、また、焦げ臭を感じた時間帯にどの家電を使用していたかについては関係者の記憶があいまいで不明だが、普段の家電使用状況から3口テーブルタップ1の差し込みプラグ部分には許容電流を超える過負荷状態が考えられること、各家電製品から壁付コンセントの電流回路内で最も負荷のかかる部分は壁付コンセントと3口テーブルタップ1の差し込みプラグの接触部であるため、出火原因として推定したものである。

5 おわりに

近年の家電製品は省エネ化が図られて一つの家電の消費電力は減少傾向にあるが、多種多様な製品が登場して普及する中で、従来と比較すると建物内全体での消費電力は高まっている。

配線器具等の使用が重なり電氣的負荷が局所に集中した場合に火災発生のリスクは高まる中で、今回紹介した事例のような、テーブルタップ等を連結して消費電力の大きい家電を複数使用したり、電源が入ったままプラグを抜く等の誤った使用方法により、壁付コンセントが日々劣化することで火災発生のリスクをさらに高めている。

増加傾向にある電気関係の火災は、様々な出火原因を検討する必要があるが、焼損物件を丁寧に見分することで原因の究明に近づくことができ、原因究明の過程で得られる否定や肯定要素を組織で共有することで、予防要員の能力開発に繋がると考えます。

今回、本市で発生した火災の調査事例が、全国においても増加が懸念される電気火災の原因調査の一助及び電気火災の抑止となれば幸甚であります。

衛星画像を基にした リアルタイム火災延焼シミュレーションプログラムの開発について

一般財団法人 消防防災科学センター 遠 藤 真
国土技術政策総合研究所 岩 見 達 也

1. はじめに

大規模災害が発生した場合に、被害が甚大になるほど情報が集まりにくくなり、情報の空白が生じる。そのような場合では、「鳥の目」と「虫の目」で災害の状況を迅速に把握することが重要であると言われている。

その中で、「鳥の目」の一つとなる衛星から得られる情報は、広範囲な情報を一括して得ることが可能であり、大規模災害時の火災に関する情報を収集する方法として効果的かつ効率的である。

一般財団法人 消防防災科学センター（以下、当センターという）では、国立研究開発法人 建

築研究所（以下、建築研究所という）と共同で、想定される南海トラフ地震のような大規模災害時に被害の予測等の情報を国や地方自治体等へ提供し、国民の生命や社会リスクを軽減し、国民の安全と安心を確保することを目標に掲げた戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期の「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」¹⁾において「被災状況解析・共有システムの開発」²⁾（以下、NR2という）というテーマで2018年から5年の期間で研究開発を行っている。今年はその最終年度にあたり、その成果の一部について紹介する。

NR2では図1-1のように、人工衛星が観測したデータを活用し、被災状況を示す情報をいち早く

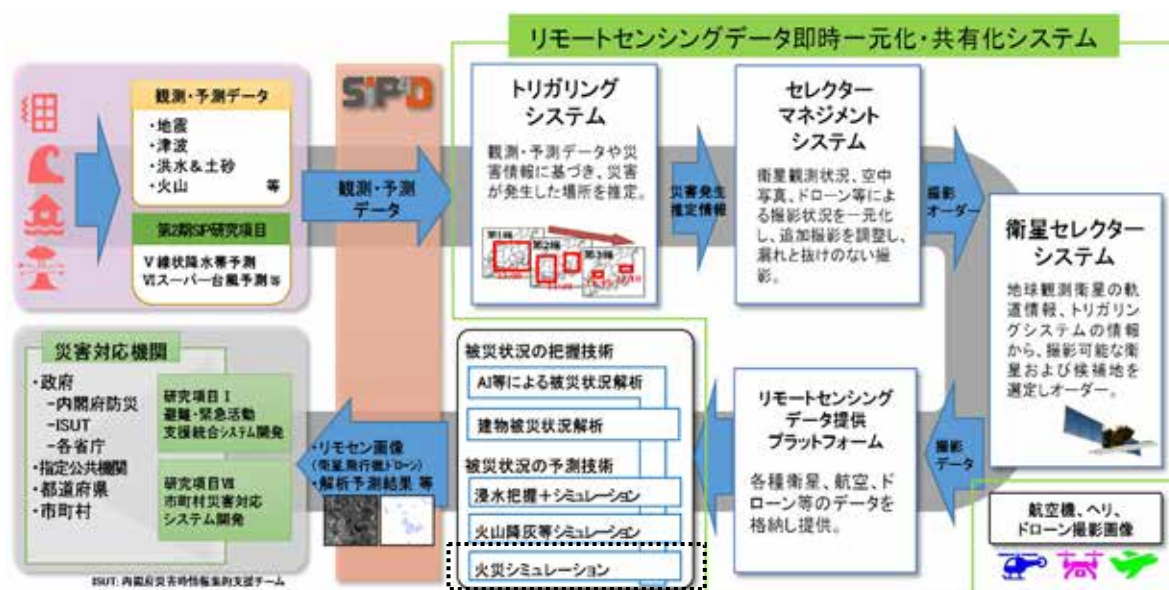


図1-1 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の研究開発の全体像（点線枠：本研究の担当部分）

抽出し、そこから今後起こり得る事態を把握することで、災害対応に役立つ情報の創出を行うためのシステムの開発を目指している。

2. 開発の経緯

大規模災害が起き、市街地の火災が複数同時多発的に発生した場合、必ずしも被災地の現有の消防力だけでは対処仕切れないことが想定される。その場合、消防力が劣勢となり、発生した火災が拡大し数日間延焼し続ける可能性がある。

そのような大規模災害時を想定して、阪神・淡路大震災の教訓を踏まえ、人命救助活動等を効果的かつ迅速に実施し得るよう、緊急消防援助隊(以下、緊援隊という)が創設された³⁾。

その運用に際して被災地への到着時間は、数時間以上かかっている。また、到着するまでは断片的な情報しか取得することができず、状況の把握が困難となっている。活動の規模や消防戦術を立てる際にも、火災の規模等を把握することが重要となってくる。そこで、市街地における延焼拡大を予想するために、火災延焼シミュレーションを用いる研究が様々行われている。

その情報を運用の各種調整を行う消防庁が全体を俯瞰して、事前計画上で予想できなかった想定外の事態を回避すること、応援側では派遣先の状況を予め把握することで、予測される事態への対応準備、受援側では地点防ぎょや避難等の事前計画の立案に役立てることを想定した(図2-1)。

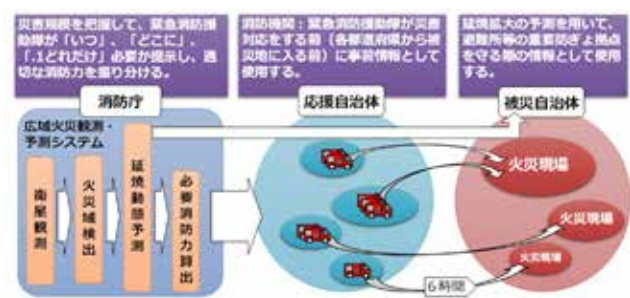


図2-1 対応組織別延焼シミュレーションの活用

この一連の処理の中で「火災シミュレーション広域被災予測技術開発」(以下、本研究という)で衛星が撮影した画像を解析し、延焼範囲(広義では火点)を推定する部分を建築研究所が担当し、火災延焼シミュレーション部分を当センターが担当している。

図2-2に、地震発生前から応急対応期まで本研究が果たす役割を時系列に沿って整理し纏めた。

このタイムラインに沿って同時多発火災が発生した場合、数時間以内に3日後までの延焼予測を行い、その情報を必要とする機関に配信することを目標とした。

解析した結果をフィードバックするための仕組みとしては、SIP第1期プロジェクトで開発された基盤的防災情報流通ネットワーク⁴⁾(以下、SIP4Dという)という情報共有の仕組みやNR2のリモートセンシングデータ共有プラットフォーム(以下、ワンストップシステムという)を活用することで、国、地方自治体、消防機関が情報を共有することが可能となる。

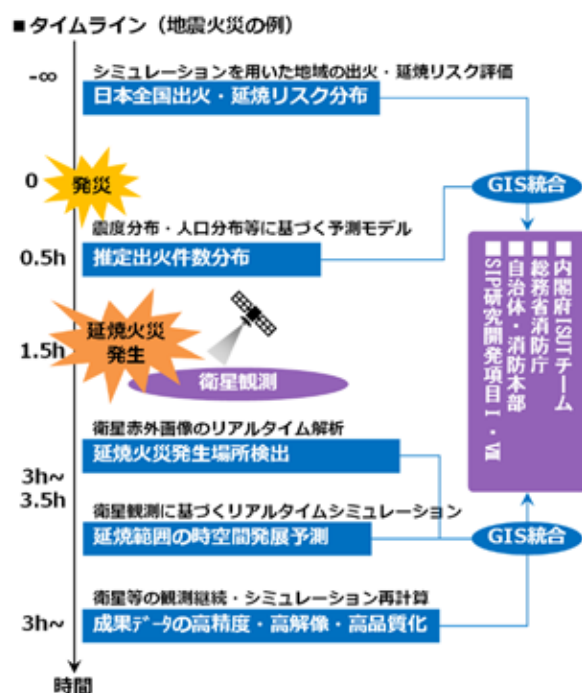


図2-2 地震火災発生時のタイムライン

3. 衛星画像を用いた延焼範囲の検知

3.1 使用する衛星の概要

まず、衛星による延焼範囲の検知についてその可能性について検討した。

本研究で対象とした赤外センサを搭載する衛星の日本上空通過時刻等の主な諸元は表3-1のようになっている。これによると、1日当たり4回撮影のタイミングがあり、撮影の間隔は、2時間程度と8時間程度である。この間隔内で延焼拡大が街区を越えて広がっていた場合、検知する可能性が十分ある。

表3-1 本研究で対象とした衛星の主な諸元

衛星名	センサ	火災検出の 解像度 (衛星直下)	日本上空 通過時刻 (±30分程度)
GCOM-C ⁵⁾ (しきさい)	SGLI	250m	10:30, 22:30
Terra、 Aqua ⁶⁾	MODIS	1000m	10:30, 22:30 1:30, 13:30
Suomi-NPP、 NOAA-20 ⁷⁾	VIIRS	375m	1:30, 13:30

3.2 火災画像解析システムの開発

地震発生直後に、その地震の震度分布と世帯分布から出火危険地域を抽出し、当該地域を観測可能な衛星を軌道情報から求めて、画像を取得する。そのデータを解析し、火災の延焼範囲を検知する。これらの一連の処理は、自動的に実行され結果を共有することが可能である。

図3-1は、地震発生時の火災検知をシミュレーションした画面である。

ダウンロードした画像を自動的に解析し、火災の可能性のある範囲を特定する。常時火災と同レベルの赤外光を放つ地点等をマスクするなど独自のアルゴリズムで延焼範囲を同定する。この処理には、画像の取得から解析、結果の登録まで30分程度を目標として開発を行った。

火災の可能性が高いと判定された場合は、そ

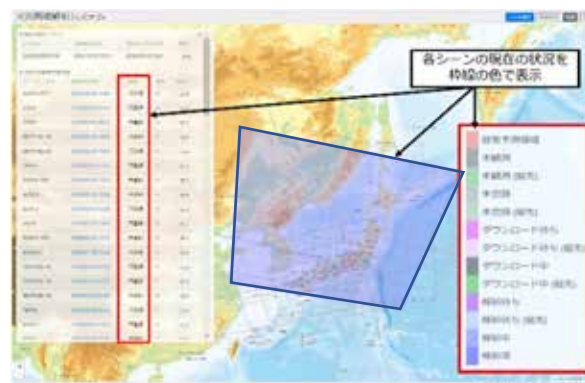


図3-1 火災画像解析システムの WebGIS 画面
(観測シーンリストの例)

の結果を SIP4D やワンストップシステム、そして4章に示す火災延焼シミュレーションに JSON(GeoJSON) 形式のデータとして登録する。

3.3 火災画像解析システムの検証

近年、数日間延焼するような家屋火災は発生していないため、実火災での検証はできていない。また、大規模な火災の事例としては、2016年12月22日に発生した糸魚川市大規模火災（以下、糸魚川市大規模火災という）があったが、当日雲がかかって検知できなかった。そのため、毎年のように発生している林野火災での検出を試みて精度向上に努めている。

2021年2月21日に栃木県足利市で発生した林野火災を対象として衛星画像から解析した結果を図3-2に示す。報告書⁸⁾の延焼状況を基に時系列で延焼範囲をトレースして重ねた。この結果から炎上中の火面を大まかに捉えられているといえる。

この状況が木造密集地で発生していれば、この結果を延焼範囲として火災延焼シミュレーションを実行することは可能である。

ただし、前記の例でもあったように、衛星が通過するタイミングや雲の状況により赤外線が遮られた場合、捉えられない可能性もあるが、今後利用可能な観測衛星の数も増え撮影頻度が上がり、また高精細になれば、延焼範囲を捉えることができる可能性が高くなると考える。

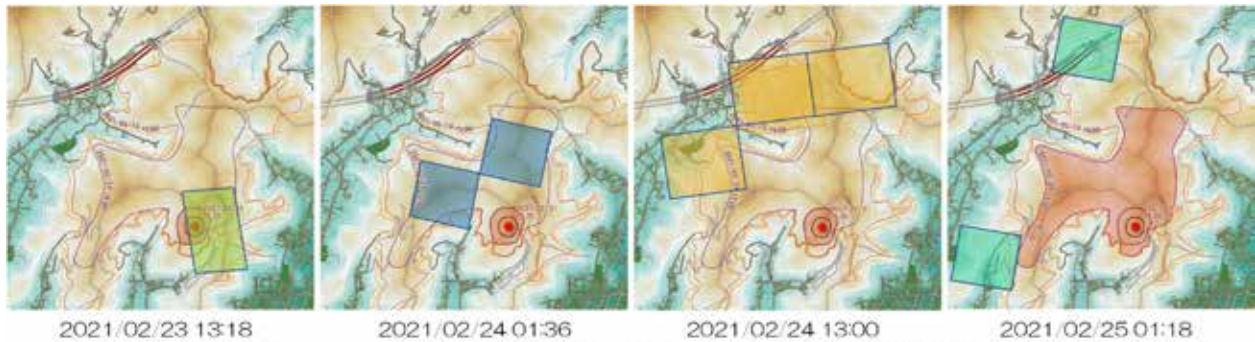


図3-2 2021/2/21 足利市林野火災の時系列延焼範囲と解析結果、延焼動態⁸⁾

4. 火災延焼シミュレーション

これまでも述べたように地震発生時の火災の予測を行い今後の推移を知ることは、その後の人命救助や避難をする場合でも重要である。延焼シミュレーション技術を用いて火災が、今後どのように拡大するかを図4-1のように3日後まで予測することで、被災自治体や消防機関における意思決定をするための基礎情報として提供することを目標としている。

家屋の形状、構造から延焼経路ネットワークを予め構築し、風向・風速を考慮して火点からの延焼動態をシミュレーションする。拡大する延焼状況から一時間単位の火面を生成し、延焼等時線（以下、等時線という）として作成し、その等時線をカバーする消防隊数（筒先数）を集計する。これにより、どの火災にいつ、どれくらいの消防力が必要であるかを予め予測して、緊援隊等の運用の

際の情報として提供する。

なお、本シミュレーション技術の核となる計算エンジンは、総務省消防庁消防大学校消防研究センター（以下、消防研究センターという）が研究開発した延焼シミュレーションエンジン⁹⁾を使用している。

4.1 火災延焼シミュレーションの特徴

本研究で新たに開発した項目は以下のようである。

(1) 風向・風速情報による延焼予測

風向や風速により延焼拡大の方向や速度が大きく変わる。そのことを考慮して、全国全ての地点を1 km メッシュ単位で提供している気象情報配信サービスを利用して、3日後までの予測情報および過去の情報を取得する。

(2) 衛星からの延焼範囲取得

本研究の成果である建築研究所による衛星画像解析結果をJSON形式で取得する。

衛星からの延焼範囲情報だけでなく、他の機関からでも仕様に則ったJSON形式の情報であれば、トリガーとして使用可能である。

(3) 延焼範囲情報の更新・補正機能

延焼範囲情報を複数別々に取得し、取得時間を時系列に並べ、延焼シミュレーションを再帰的に実行し、実情報を入力し随時補正することが可能である。

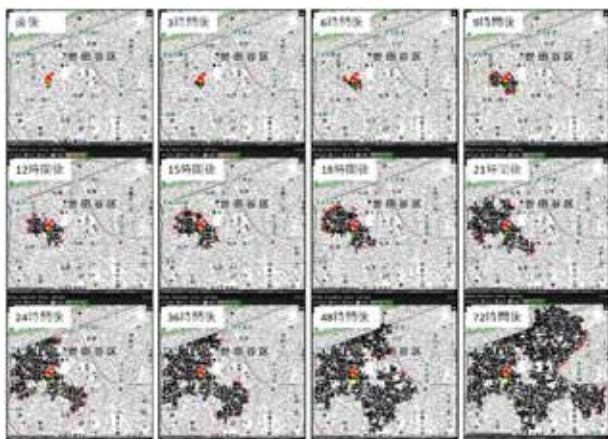


図4-1 3日後でも延焼中の事例（黒色：延焼家屋）

(4) SIP4D とワンストップシステムでの情報共有

自動計算の結果を SIP4D とワンストップシステムで閲覧可能とする。SIP4D に予め作成した仕様で時系列に沿った延焼範囲や必要消防力を登録し、GIS ソフトを用いて表示が可能となる。これにより、他の情報とのマッシュアップを可能とする。登録される情報は、以下の通りである。

- ・火点、延焼範囲（覚知時刻）
- ・延焼等時エリア（正時ごとの予測情報）
- ・延焼等時線（必要消防力情報を含む）

(5) 高機能クライアントソフト

災害発生時に衛星からの延焼範囲取得による自動実行機能だけでなく、専用端末ソフトを用いて任意の火点を入力して延焼シミュレーションを実行する機能を有する（図4-2）。また、ユーザ権限機能を設けて組織を越えた情報共有を容易にする。より専門的な情報を参照可能であり、消防機関での使用を想定している。



図4-2 高機能クライアントソフトの操作画面

(6) 図上訓練等への展開

災害発生時だけでなく平時の図上訓練への活用や住民に対して地震発生時に発生する火災の状況やリスクについての醸成に活用する。

4.2 延焼シミュレーションの流れ

延焼シミュレーションの動作フローを図4-3に示す。

- (1) 火災画像解析システムの延焼範囲情報を随時

監視し、新しい情報があればその情報をダウンロードし、気象情報配信サービスから風向・風速を取得する。

- (2) 覚知時刻から3日後までの延焼シミュレーションを実行する。
- (3) シミュレーションの結果から延焼範囲を抽出し、必要消防力を算出する。
- (4) シミュレーションの結果を配信サーバに登録する。

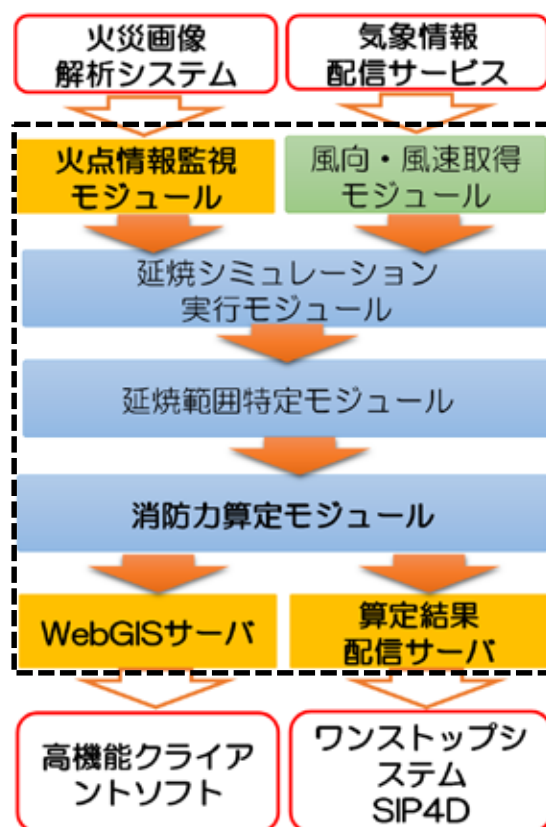


図4-3 延焼シミュレーションの動作フロー

以上の操作を1つのサイクルとして、新しい情報が追加されると、それまでのシミュレーション結果に追加された時刻から更に3日後まで延焼シミュレーションを繰り返す。

登録した情報は、ワンストップシステムで閲覧するか、SIP4D 用サーバからデータをダウンロードし汎用の GIS ソフト等で表示することが可能である。また、前節(6)の高機能クライアントソフトで WebGIS にアクセスすることにより、より詳

細な利用が可能となる。

4.3 延焼シミュレーションの検証

延焼シミュレーションのエンジンそのものの検証は、消防研究センターが行っているが、近年では、糸魚川市大規模火災の際の延焼状況を実証している¹⁰⁾。

ただし、前章でも述べたが、システムの開発以降に衛星画像をトリガーとして実行するような大規模火災は起きていない。そのため、本システムの動作検証は、時系列で延焼範囲を設定したシナリオ（表4-1）を作成し、そのシナリオに沿って延焼シミュレーションを実行できることについて検証を行った。

衛星で撮影した画像の伝送、解析に1時間かかると想定し、1時間後にトリガーとして認識する

表4-1 検証用シナリオ

撮影時刻	衛星	時刻 イベント
-	-	5:30 地震発生発災
1日目 10:30	GCOM-C	11:30 トリガー
1日目 13:30	VIIRS	14:30 トリガー
1日目 22:30	GCOM-C	23:30 トリガー
2日目 1:30	VIIRS	2:30 トリガー

こととした。延焼範囲の覚知時間は撮影時刻であり、トリガー時刻以降から必要消防力の集計を行った。次のトリガー取得で、その撮影時刻まで遡り新たな延焼範囲を加えて延焼シミュレーションを行った。

シミュレーションの結果を時系列で図4-4に示す。このように、自動的に計算した結果は、SIP4D 等で最新の状態を取得できることを確認した。

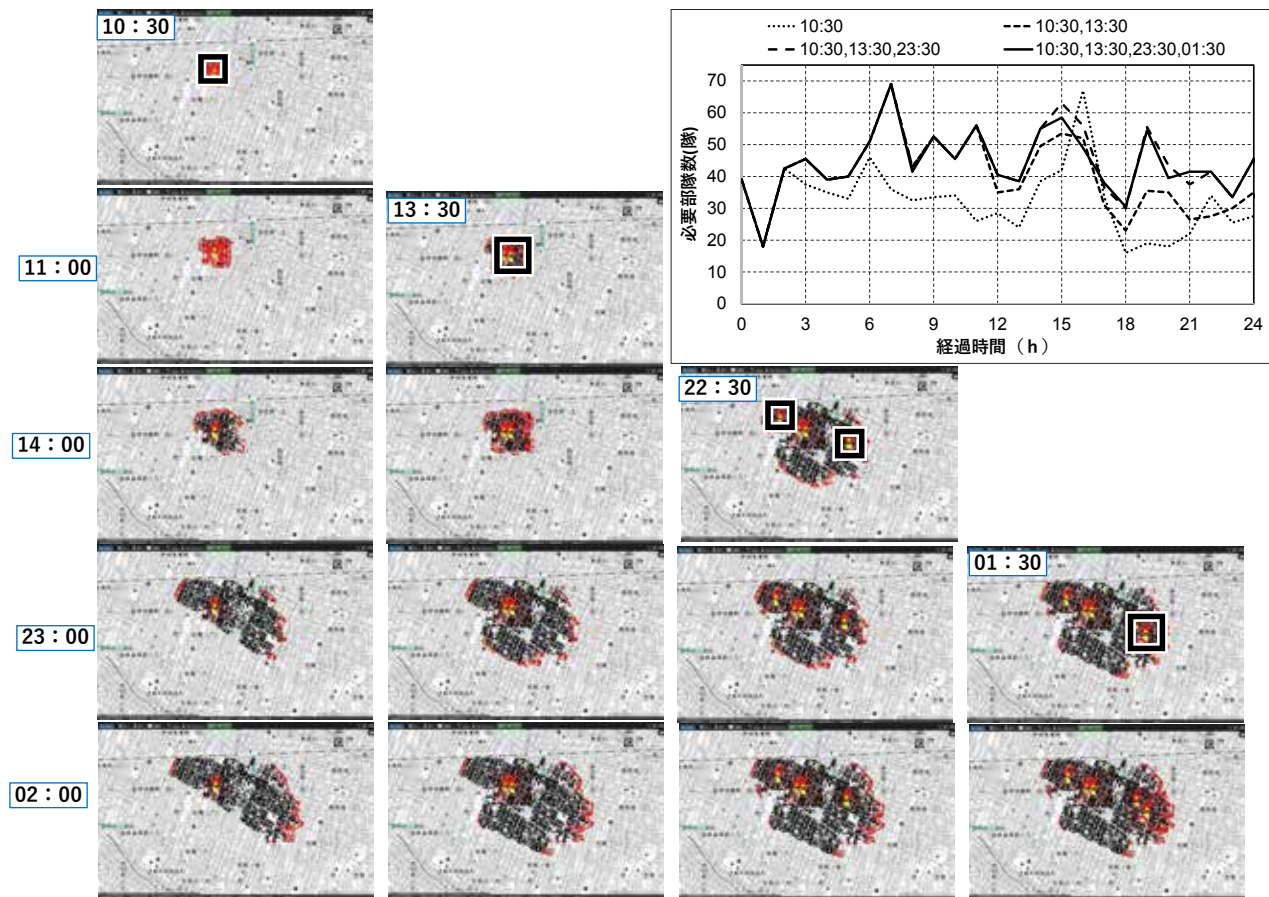


図4-4 シナリオの実行結果（右上：必要消防力の時間的推移）

5. おわりに

SIPで最も重要視されている命題は、単に技術開発を実施するだけでなく、実際に運用され災害対応に活用できる仕組みを作っていくことである。

社会実装、すなわち研究で終わるのではなく開発した技術を社会に還元することを求められている。

このことを踏まえて、本研究終了後に繋がるために整理した社会実装のイメージを図5-1に示す。具体的には、開発した延焼シミュレーションを常時起動状態にすることで、大規模災害が発生した際に自動的にシミュレーションを実行し、必要消防力を集計し、SIP4Dへ自動で登録されることで、必要とする機関が、必要な情報を共有することにある。

ただし、3.3節でも述べたように、雲の状態により検知できない場合や時間帯によって観測までに時間を要する場合があるため、本研究は万能ではない。そこで、衛星からの情報収集だけでなく、ヘリテレやドローンからの情報および実際の現場からの情報など様々なリソースから火点情報を収

集し、シミュレーションを実行することで、より正確な情報を提供し、迅速な対応に繋げることが期待される。

※希望する消防機関に研究の成果を体験してもらえのように整備中です。詳しい内容については、当センターまで問合せをお願いします。

謝辞

本文の作成にあたり、共同研究者である国立研究開発法人建築研究所 成瀬友宏氏ならびに当センター 一町田一二氏には多大なご協力を賜りましたこと、深く感謝いたします。

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」（管理法人：防災科研）によって実施されました。

【参考】

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期, <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/sip2pd.html> (2022/6/21参照)

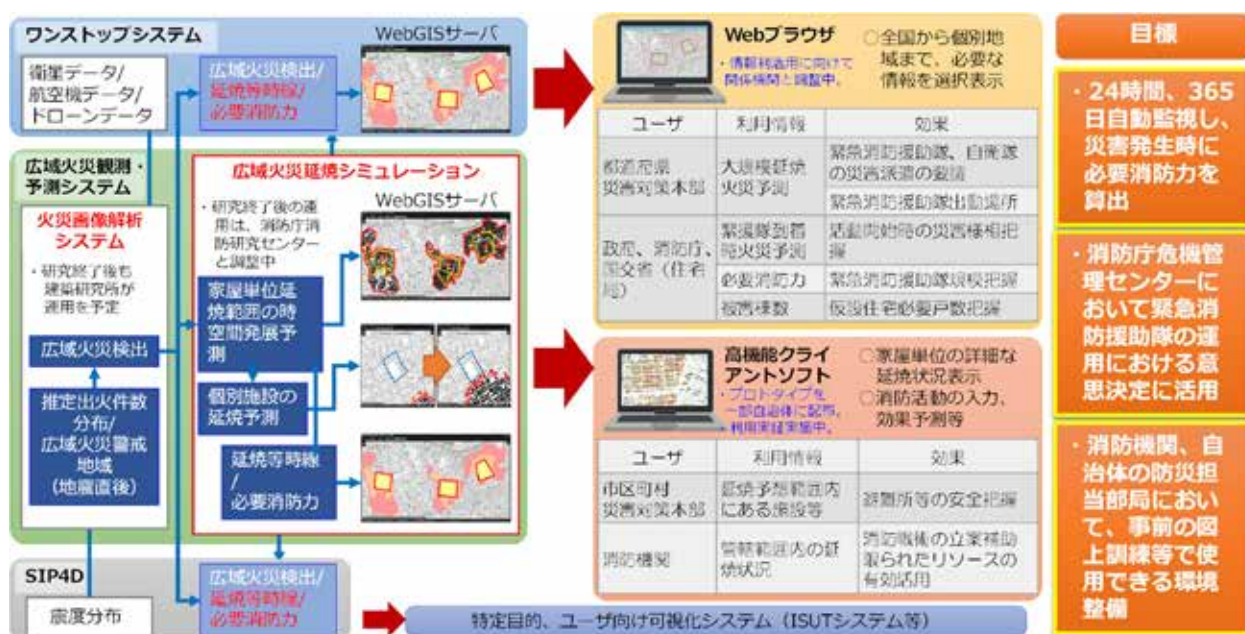


図5-1 目標とする社会実装のイメージ

- 2) NR2被災状況解析・共有システムの開発, <https://www.bosai.go.jp/nr/nr2.html> (2022/6/21参照)
- 3) 全国各地から駆け付ける「緊急消防援助隊」, <https://www.fdma.go.jp/mission/prepare/rescue/> (2022/6/21参照)
- 4) 基盤的防災情報流通ネットワーク SIP4D, <https://www.sip4d.jp/> (2022/6/21参照)
- 5) 気象変動観測衛星 (GCOM-C), https://suzaku.eorc.jaxa.jp/GCOM_C/index_j.html (2022/6/21参照)
- 6) Terra/Aqua(MODIS)「テラ衛星およびアクア衛星」モディスの概要・諸元, https://www.sed.co.jp/sug/contents/satellite/satellite_modis.html (2022/6/21参照)
- 7) 衛星情報データベース (衛星総覧) Suomi NPP, <https://www.restec.or.jp/satellite/suomi-npp> (2022/6/21参照)
- 8) 消防庁「より効果的な印や火災の消火に関する検討会」資料, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/post-88.htm (2022/6/21参照)
- 9) 高梨健一、細川直史, (4) 大規模地震災害時等の同時多発火災対応に関する研究, 消研輯報72 (平成30年度), pp.24-35, 2018年
- 10) 第2回糸魚川市大規模火災を踏まえた今後の消防のあり方に関する検討会 資料2, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento187_33_shiryo2.pdf (2022/6/21参照)

連載講座

第54回

デジタル時代は風度を武器に(2)

作家 童 門 冬 二

関白の嫌った一番槍

戦国時代に、
「若いけれど人使いがうまい」
といわれた蒲生氏郷にはこんな話もある。この時代の武士の勲功は何といても合戦での武功だ。中でも“一番槍”が重くみられる。このことは前号に書いた。

蒲生家でこの一番槍で名をあげていたのが西村(にしむら)という武士である。氏郷も西村のおかげで蒲生家の名を高めていたのだ。だから西村の戦績は内緒の面もあった。いわゆる“公然たるひみつ”だ。

これが豊臣秀吉が関白になった時にバレた。秀吉は農民の出身だ。誰がみても出世を急いでいる。それも、

“自分さえエラくなればいい。そのためには他人を押しのかけてもいい”

という考えの実行者に思える。ところが意外とかれは、

「仕事は個人でやるものではない。共同でやるものだ。そのためにはチームワークが必要だ」という説の主張者なのだ。

かれのエピソードの「清州城の堀(へい)修理」や「長短ヤリの試合」などは、いずれも“個人技(わざ)”ではなく、チームワークによる共同作業の成果を示している。

関白になった時、全国の大名に私戦を禁じた。

そして「この私戦禁止は天皇の命によるもので、関白が代行するものである」

と宣言し、

「特に一番槍を禁ずる」と命じた。

蒲生氏郷を呼び、

「西村にこのことを伝えよ。そむいたら懲罰に処す」と念を押した。氏郷はやむをえず西村にこのことを伝えた。

ところが西村は、

(こんな命令はいつも形式さ)

とタカをくくって無視した。そして九州の戦い(相手は島津氏)の時に“一番槍”の手柄を立てた。味方は激賞したが、秀吉は激怒した。

「オレの命令にそむくのは、天皇の命にそむいたのと同じだ。

といって氏郷に西村の懲罰を命じた。こうなるとは氏郷もかばいようがない。

「しばらく浪人しろ。時をみて再雇用するから」

となだめて解雇した。

かわらぬ主従の風度

数年たった。家老がいった。

「殿(氏郷)、そろそろ西村を呼びかえしては？」

氏郷もその気になっていたので西村を呼びかえた。二人はスモウが好きだ。よく勝負した。いつも西村が勝った。氏郷にすればくやしくて仕方がない。

いまは数年の浪人で体力がおとろえている。

(これなら勝てるぞ)

氏郷はホクソえんだ。

「行くぞ！」

庭に描かれた円型の土俵でおそいかかった。が、かんたんに投げ出された。氏郷は、「もう一番！」と呼ぶ。家老が西村にそっとささやく。

「こんどは負ける。勝つと再就職がダメになるぞ」

西村はうなづく。が、うなずいただけですぐ氏郷を投げとばした。家老はガッカリした。

「このバカ、ガンコ者め！」

氏郷が西村を呼んだ。

「おい、浪人してもよく武士の充分を忘れなかったな？」

「あなたのことをいつも思い出しておりましたので」

「わかった。むかしどおりはげめ」

「承知しました。ありがとうございます」

このケースにはむずかしい問題が含まれている。実績を競うことなくすべてパラレル（平等に仕事が可能なのか）ということだ。

小学校の運動会の百メートル競走で、

「全員一等賞！」

にするようなものだ。まして合戦は生きるか死ぬかの争いだ。秀吉のチームワーク重視もわかるが、氏郷の「一番槍是認」も、集団への刺激剤としては、必ずしも効果がないとはいえない。

「どうしますか？（一番槍）」

西村がきく。氏郷は答える。「かまわぬ。やれ。オレが承認する」

みたいな“黙認”だったと思う。

これもリーダーも“風度”なのだ。

部下が上司から感ずる仕事へのモチベーション（動機づけ）多くは、“情感”だと思う。西村が感じたのもそれだ。

「主人は少しも変っていない。むかしどおりの性格だ。オレを一時浪人させたのも関白の命令でやむをえなかったのだ。

その証に、二度もスモウで投げとばしたのに、オレを再雇用してくれた。

それを家老のいうようにワザと負けたら、浪人して武士の魂がイヤになったのか！クビだ」

と逆に追い出される。投げとばしてよかったのだと思う。

このへんは、氏郷と西村との、

「よく知りつくした主従の人間関係」

であって、微妙なディティールだ。デジタル社会からは出てこないかもしれない。

大概「徳（とく）」などという理屈ではない産物は、コンピュータやAIの生産製品ではない。

だからといってどんどん場所を拡げつつあるデジタル社会やAIの登場を軽視はできない。

「人間が人間らしさを残せる武器は“風度”だけだ」

と考えるのである。

連載
講座

天気予報は分布予報・時系列予報へ

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

1 気象庁が発表する天気予報

気象庁が発表する天気予報は、予報期間によって短期予報、週間天気予報、季節予報に分けられます。このうち、短期予報のうち、図情報には分布予報と時系列予報がありますが、次第に分かりやすい図情報が中心になってきました（表）。この分布予報と時系列予報が始まったのは、平成8年（1996年）3月からで、発表時刻は6時、12時、18時と、現在より1時間遅い発表でした。また、どの発表時刻も、予報は24時間先までで、例えば、18時発表の予報では、予報の対象が翌日の18時まででした。このため、生活実態と合わせて、せめて18時発表の予報の対象時刻を翌日の24時までにしてほしい（30時間予報にしてほしい）という要望は開始当時からありました。また、要望が強かつ

た風向・風速の時系列予報は、技術的に難しいことから行われていませんでした。18時発表の予報の対象時刻が翌日の24時までとなり、風向・風速の時系列予報が始まったのは、平成11年（1999年）6月からでした。さらに、予報発表時刻が1時間早まり、現在と同じ、毎日5時、11時、17時の発表となったのは、平成16年（2004年）12月からです。

2 分布予報

日本全国を5km四方のメッシュに分け、そのそれぞれについて以下の要素の明日24時までの予報を掲載しています。色別で表示しているため、全国または各地域の天気、気温、降水量、降雪量の分布と変化傾向がひと目でわかります。毎日5時、11時、17時に発表します。

表 天気予報の種類

種 類		予報期間	発表時刻
短期予報	今日、明日、明後日の予報	今日（24時まで） 明日（0～24時） 明後日（0～24時）	毎日5時、11時、17時
	分布予報（図情報）	24間先まで（17時は30時間先まで）	毎日5時、11時、17時
	時系列予報（図予報）	24間先まで（17時は30時間先まで）	毎日5時、11時、17時
週間天気予報		明日から7日先まで	毎日11時、17時
季節予報	1か月予報	翌日から4週間	毎週金曜日14時30分
	3か月予報	翌月から3か月	発表日はカレンダーで確認
	暖候期予報	6～8月	
	寒候期予報	12～2月	

出典：気象庁ホームページをもとに筆者作成

(1) 天気

3時間ごとのメッシュ内の代表的な天気を、「晴」「曇」「雨」「雨または雪」「雪」のどれかで表現します(図1)。

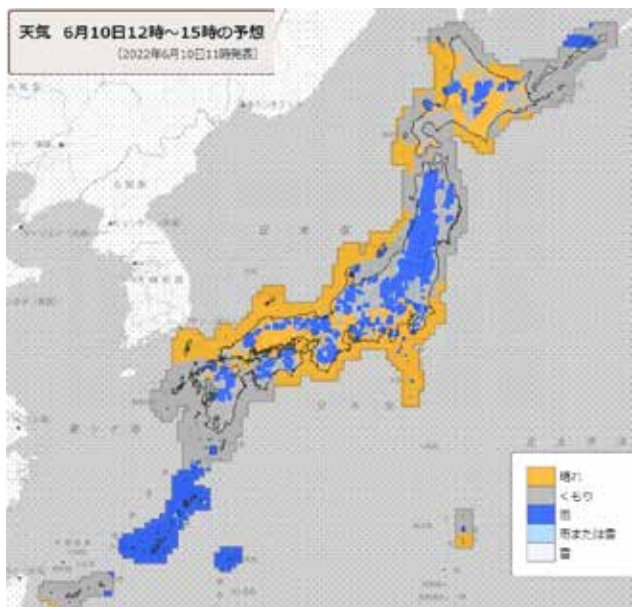


図1 天気の分布予報の例(2022年6月10日11時発表)

出典: 気象庁ホームページ

(2) 気温

3時間ごとのメッシュ内の平均気温を1℃単位で予報します。気象庁ホームページでは、5℃毎

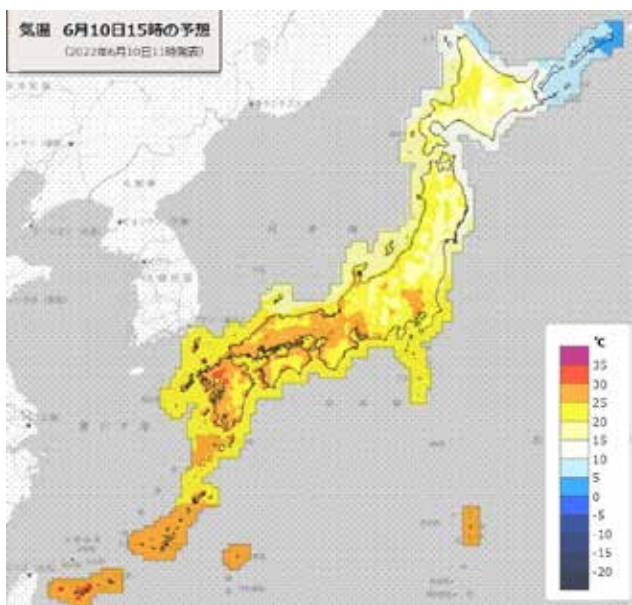


図2 気温の分布予報の例(2022年6月10日11時発表)

出典: 気象庁ホームページ

に色分けして表示しています(図2)。

(3) 降水量

メッシュ内の平均3時間降水量を「降水なし」「1～4mm」「5～9mm」「10～14mm」「15～19mm」「20mm以上」の6段階で表現します(図3)。

降水量については、昭和57年(1982年)7月の東京地方から始まった降水短時間予報も分布予報の一種です。デジタル化技術を使い、レーダー観測値から自動的に地形等を除去し、これをアメダス等で観測した雨量で補正して作った、正確で詳しい降水量の分布(解析雨量)を用い、降水域の移動と地形効果等を加味して降水量の分布を予測するのが降水短時間予報です。ただ、当時の技術では、5キロ四方ごとの詳しい降水予報を行なった場合、実用的なのは3時間先くらいまででした。しかも、図情報を手軽に伝える手段がなく、「〇〇時に多摩東部で〇〇ミリの雨が降る見込み」のように、降水短時間予報をもとにした文章形式での提供でした。降水短時間予報を図情報で提供するようになったのは、昭和63年(1988年)4月からです。その後、予報技術が向上して1キロ四方ごとに6時間先までとなっていますが、降水短時間予報という言葉は、そのまま使われました。

気象庁では、平成30年(2018年)6月20日からこれまでの6時間先までを15時間先までに延長しましたが、この時から「今後の雨(降水短時間予報)」という名称を使っています。詳しい雨量の予測は「短時間しか予報できない」という短所が名称に使われていましたが、少し改善されたことの反映です。人間活動からみて、6時間の予報と15時間の予報では利用価値が格段に違います。特に、夕方に発表された注意報において、夜間から翌日の早朝に大雨警報(土砂災害)に切り替える可能性が高いと言及されている場合に、「避難準備・高齢者等避難開始」の発令や、高齢者等の避難開始の判断に活用が可能となります。

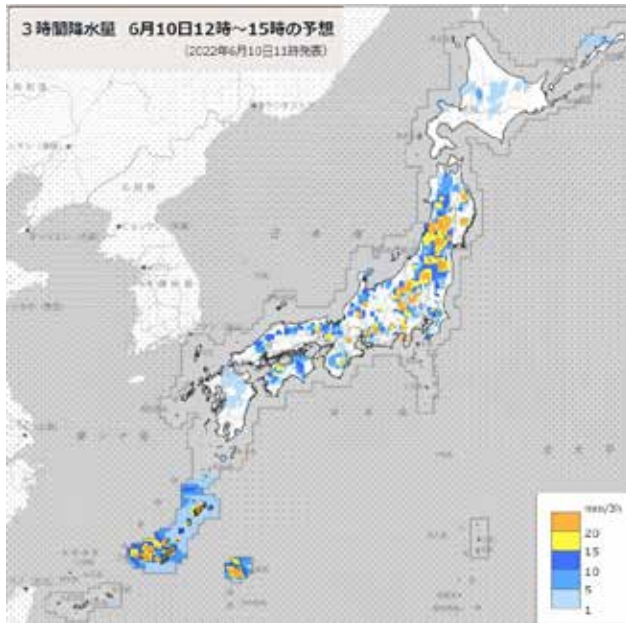


図3 3時間降水量の分布予報の例（2022年6月10日11時発表）

出典：気象庁ホームページ

(4) 降雪量

メッシュ内の平均3時間降雪量を「降雪量なし」「1～2cm」「3～5cm」「6cm以上」の4段階で表現します。

降雪量については、6時間先までですが、さらに細かい分布予報も行われています。これは、近年、集中的・記録的な降雪による大規模な交通渋滞など、社会活動への影響が問題になってきたことから、令和3年（2021年）11月10日から、顕著な大雪に関する気象情報として、降雪量の6時間先までの予報を開始しました。

降水短時間予報の降雪版です。これにより、道路管理者の通行規制や除雪体制の判断、事業者や国民が利用する交通経路の判断の支援ができるとの考えからです。

図4は、令和3年（2021年）11月25日0時の顕著な大雪に関する気象情報ですが、北海道上川地方・名寄では、積雪がない状態から、一気に60cmもの降雪があり、住民生活に大きな影響がでたときのものです。

(5) 最高気温・最低気温

メッシュ内平均の日中の最高気温と朝の最低気温を1℃単位で予報します。気象庁ホームページでは、5℃毎に色分けして表示しています（図5）。

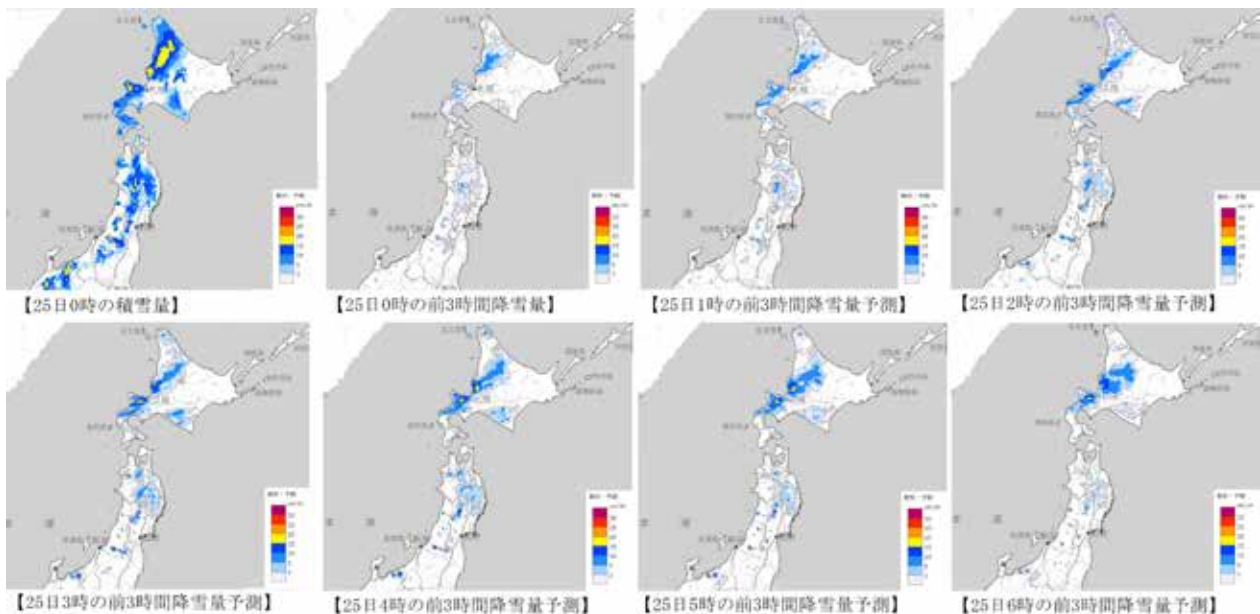


図4 顕著な大雪に関する気象情報の例（11月25日0時の実況と6時間先までの予報）

出典：気象庁ホームページ

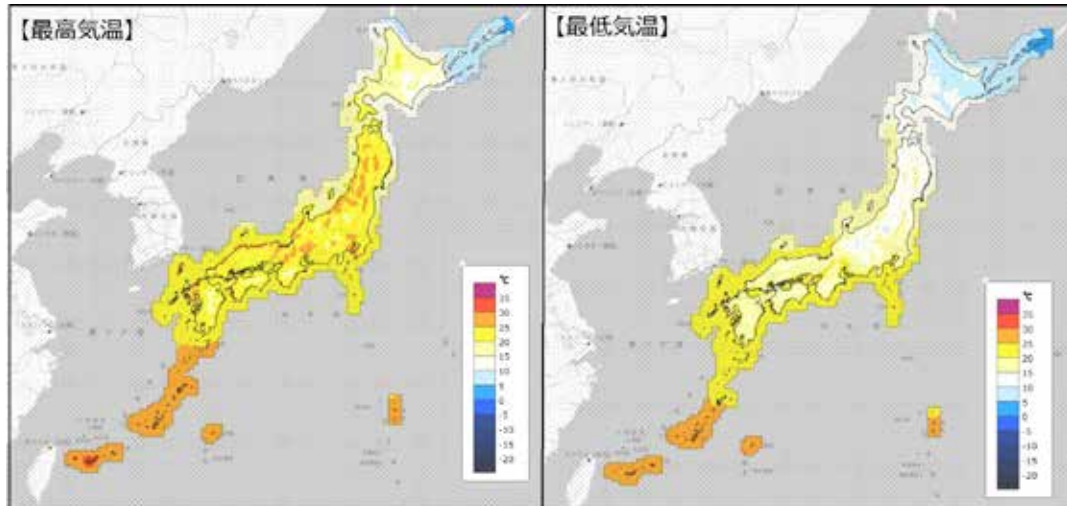


図5 最高気温（左）と最低気温（右）の分布予報の例（2022年6月10日17時発表の6月11日の予報）

出典：気象庁ホームページ

3 地域時系列予報

地域時系列予報とは、「府県予報区」を地域ごとに細分した「一次細分区域」単位（対象は142区域になります）で、以下の要素を明日24時まで図形式表示にしたものです。「府県天気予報」をもとに作成され、「府県天気予報」の発表に併せて発表します（図6）。

(1) 天気

3時間ごとの一次細分区域内の卓越する天気を「晴」「曇」「雨」「雨または雪」「雪」の5つのいずれかで表現します。

(2) 風向風速

3時間ごとの一次細分区域内の代表的な風向を「北」「北東」「東」「南東」「南」「南西」「西」「北西」

地域時系列予報

東京都／東京地方【気温：東京】

気象庁 2022年6月10日11時発表

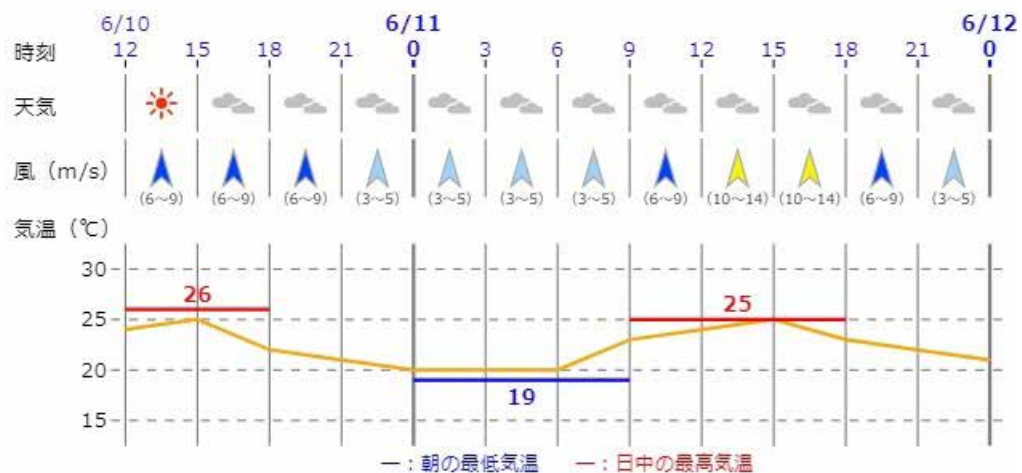


図6 地域時系列予報の例（2022年6月10日11時発表）

出典：気象庁ホームページ

の8方位または「風向なし」で、最大風速を「0～2m/s」「3～5m/s」「6～9m/s」「10～14m/s」「15～19m/s」「20m/s以上」の6段階で表現します。

(3) 気温

一次細分区域内の特定地点における3時間ごとの気温を1℃単位で表現します。気象庁ホームページでは、日中の最高気温と朝の最低気温も表示します。気温については、地域時系列予報ではなく、地点時系列予報です。

気象庁が令和4年（2022年）3月21日17時に発表した東京の翌日（22日）の天気予報は、「天気

は雪か雨 朝晩くもり、風は北の風 23区西部では北の風 やや強く、波は0.5メートル 後 1メートル 最高気温は5度、最低気温5度」でした。翌日の天気予報でいう最低気温は「朝の最低気温」、最高気温は「日中の最高気温」ですので、「朝の期間が終わる9時頃」の5度が最低気温、「日中の期間が始まる9時頃」の5度が最高気温として予報されたのです。ほとんどの日は、朝に最低気温し、日中に最高気温を観測しますので問題がないのですが、この日のように、気温が一方的に下がる場合には、時系列予報でないとわかりづらい予報となります（図7）。

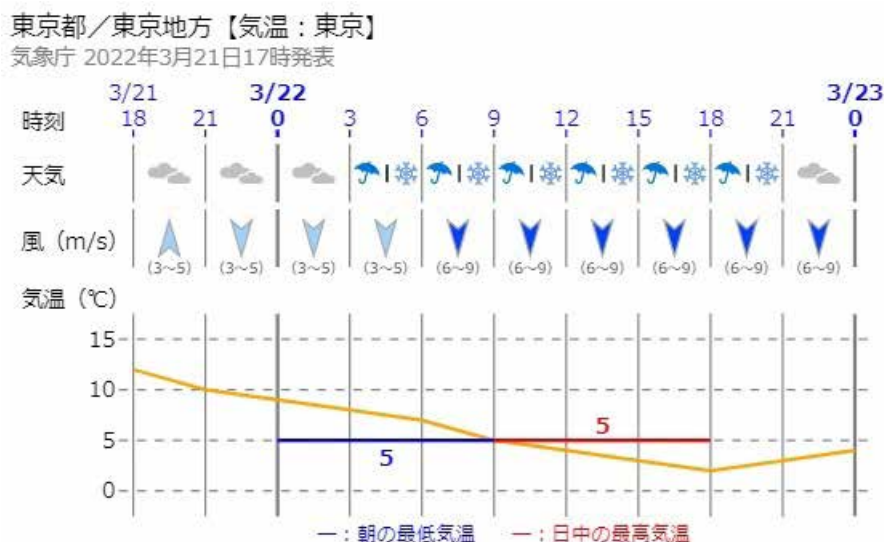


図7 東京の時系列予報（気象庁3月21日17時発表）

出典：気象庁ホームページ

編集後記

○ 本号では、前号に引き続き「火山噴火災害に備える」をテーマに特集を組んでいます。

火山は、噴火災害等を引き起こしますが、その一方で「温泉や鉱物資源、魅力ある景観・観光」などの恵みを人々に与えています。

火山噴火は、ひとたび起きれば大変な災害をもたらすため、消防・防災関係者等においては、それに備えることは重要な課題であり日々努力しているところです。また、地域住民や観光客など、人々が火山から恵みを受けていることについても忘れてはなりません。

火山対策では「正しく知って正しく恐れ、恵みを楽しむつ、いざというときの災害に備える」ことが大切だとわかりましたが、今回の特集により、火山噴火災害に関する知識が、少しでもお役に立てば幸いです。

○ 最近、テレビなどで気象関係のニュースを見ると、「記録的な・・・」「観測史上例のない・・・」「数十年に一度の・・・」などの表現を用いている放送に出くわす場面が頻繁になってきています。

これまでとは違った気象現象が起きていることを視聴者に伝えているわけですが、具体的には、「これまでの延長線上で考えないで対応してください。」「命を守る行動をとってください

い。」という具体の行動を求める放送が見受けられるところです。

そもそも、命を守る行動をとるような事態に遭遇するなんて一生に一度あるかないかのことにように思っていたのですが、今やそうではなくなっているようです。

気候変動に伴い、自然災害の大規模化・激甚化が進んできている今日、自然災害に対する考え方や常識等をこれまでとは変えて考える必要があると言われていますが、具体の防災訓練や避難行動などにおいても、これまで通りのやり方で良いものかどうか、根本的に考えなければならぬところです。

ところで、当消防防災科学センターにおいては、本年6月30日（木）に「防災啓発中央研修会（前期）」をオンラインで開催し、国土舘大学山崎教授や群馬大学金井教授をはじめとしてご講演いただいたところですが、この研修会におきましても、いろいろな面で「根本的に考え行動する」ことの重要性について言及されています。

なお、防災啓発中央研修会（後期）については、本年11月末～12月初旬頃開催予定であり、現在、企画しているところです。

〔本誌から転載される場合にはご連絡願います。〕

季刊「消防防災の科学」 No. 149 2022. 夏季号

発行 令和4年8月31日

発行人 荒川 敦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <https://www.isad.or.jp>

