

緊急的な火山観測施設の整備について ～ 2015 年箱根火山活動への対応録～

原田昌武・板寺一洋（神奈川県温泉地学研究所）・
伊藤正規（神奈川県安全防災局災害対策課）・
湯尾康成（神奈川県安全防災局総務室）

平成 27（2015）年は箱根火山の活動が活発化しました。温泉地学研究所にとっては、火山活動のモニタリングやデータの解析、活動状況の取りまとめや相談対応などをごく短期間のうちに幾度もこなすとともに、火山防災にも積極的に取り組んだ 1 年間でした。そのように様々な課題と対応の中で、温泉地学研究所では活発化した火山活動をよりの確に把握し、正確な情報を発信するため、新たな観測機器も設置しました。ここでは、日々変化する箱根火山の活動状況に翻弄され、てんやわんやであった当時の状況や緊急的な対応の経緯、そして最後に、新たに整備した火山観測施設について紹介します。

■ 2015 年の火山活動概要

はじめに、今回の火山活動の概要から振り返ってみましょう。

最近の箱根火山では、しばしば火山活動が活発化し群発地震が発生しています。平成 27（2015）年の火山活動は、4 月下旬に入る頃から少し地震が多くなり始めていました。4 月 26 日 20 時 26 分には、無感地震であるごく小さな地震を含めて、1 時間に 10 回以上の地震が箱根火山で発生し、温泉地学研究所の担当



写真 1 活発化した大涌谷の噴気活動（2015 年 5 月 8 日撮影）。



写真 2 金時山周辺から見た活発化した大涌谷の噴気活動（2015 年 5 月 8 日撮影）。

職員は緊急参集となりました。その後、観測データや状況を取りまとめた上で、22 時 35 分頃には防災に関係する機関に情報提供を行うとともに、翌 27 日 0 時 30 分頃には、同様の情報をホームページに掲載し注意喚起を行っています。

このように始まった火山活動であり、先行きが不透明な状況でしたが、4 月 28 日には急遽、箱根火山防災協議会の主要メンバーが集まり、情報共有と今後の対応等について議論がなされました。その後も火山活動

は継続・拡大し、地震活動がこれまでの群発地震に比べてより活発であることや、GPS の観測点が箱根を中心に放射状に広がるような変化、つまり、山体膨張を示す地殻変動が明瞭に観測されるようになってきました。

5 月 2・3 日頃には箱根・大涌谷の噴気地帯において通常よりも噴気量が増加する変化が確認されました(写真 1、2)。地震活動や山体膨張を示す地殻変動に加え、噴気域にも変化が出たということは、噴火の



写真 3 噴火直後の大涌谷の状況 (2015 年 6 月 30 日撮影)。中央部に見えるのが火口。



写真 4 大涌谷の噴気活動 (2015 年 10 月 13 日撮影)

可能性が高まっていることを示しています。そのため 5 月 4 日からは、大涌谷の自然研究路を閉鎖し(火山ガスの増加による規制)、気象庁は 5 月 6 日に、箱根火山に噴火警戒レベルを導入した 2009 年以降、初めてレベル 2(火口周辺規制)に引き

上げています。また、5 月 8 日には大涌沢(大涌谷にある沢の底部)での部分的な隆起(地盤の盛り上がり)が人工衛星の画像解析から判明したため、大涌沢への立ち入りが一部禁止されました。

6 月に入ると地震活動や地殻変動

はやや緩やかになったのですが、6 月 29 日から 7 月 1 日にかけて地震活動の活発化とごく小規模な水蒸気噴火が発生しました(写真 3)。これを受けて 6 月 30 日には、噴火警戒レベルは 3(入山規制)となりました。その後の調査により、この時の噴火により大涌谷から半径 2km 程度の範囲にはごく微量の降灰が確認されています。その後、箱根町は災害対策基本法第 63 条に基づいて、大涌谷周辺の想定火口域から約 700m の範囲を警戒区域とし、立ち入りを規制しました(7 月 3 日)。

噴火後は地震活動も徐々に低下し、また、山体膨張を示す地殻変動も 8 月以降はほとんど見られなくなりました。このことから気象庁は 9 月 11 日に、レベル 2 に引き下げています(写真 4)。その後も地震活動や地殻変動は平常時の状態に近づいてきたことから、11 月 20 日

写真 5 最近の大涌谷の状況 (2016 年 2 月 19 日撮影)。



にレベル1（活火山であることに留意）に引き下げられました（写真5）。

温泉地学研究所では、4月26日からレベル1に戻る11月20日まで、土日・祝日を問わず、毎日、活動状況を取りまとめた資料を防災関係機関に情報提供し続けました。またできる限り、活動状況に応じて随時ホームページでの情報提供も

行っていました。

■当初の計画

温泉地学研究所では、中長期的な火山観測施設の強化・充実の取り組みとして、重視しているポイントが2つあります。一つは、いざという時（火山活動だけではなく、被害地

震の発生など）に観測機器が故障中では済まされないため、導入から10～20年以上経過した既設機器の更新が課題ということ。そして、もう一つが、これまでの観測・研究の成果にもとづき、箱根火山の全容解明をさらに進めるために、新たな観測点や観測項目の追加・整備が必要ということです。

表1 箱根火山災害監視・観測機器の整備計画。

A 平成27年度の当初の計画

機器名	目的	設置数	設置場所
(A1) 熱赤外カメラ	地表面温度の変化を観測し、噴気地（高温地帯）の移動・拡大の状況を常時把握することで、噴火の兆候を捉える（既存機器の移設対応）	2	上湯場・仙石原
(A2) 火山性ガス観測装置	人体に有毒な火山性ガス成分の増加や濃度変化を常時観測・検知し、火山活動の状況を詳細に把握する（既存機器の移設対応）	1	上湯場
(A3) 長周期地震計	火山性微動や低周波地震等の水蒸気噴火の予兆となる現象を検知する	2	下湯場・駒ヶ岳
(A4) GPS観測装置	観測地点間の距離の変化や、観測地点の変位を観測し、地殻の応力・歪変化を監視する（2周波受信機）	1	大涌谷
(A5) 衛星画像解析ソフト	噴気地帯を含む範囲における地殻変動を面的に把握するためのソフトウェアを導入する（SAR解析ソフト）	1	（温泉地学研究所内）
(A6) データ統合共有ソフト	観測データを統合し、火山防災のために共有・活用する（データベースサーバ用ソフト）	1	（温泉地学研究所内）

B 箱根火山活動の活発化を受けて緊急的に整備した機器

機器名	目的	設置数	設置場所
(B1) 噴気監視カメラ	地表面温度の変化を観測し、噴気地（高温地帯）の移動・拡大の状況を常時把握することで、噴火の兆候を捉える（熱赤外カメラおよび可視カメラ）	2	大涌谷・湯ノ花沢
(B2) リアルタイムGPS観測装置	観測地点間の距離の変化や、観測地点の変位を観測し、噴気地帯周辺の変化を監視する（1周波受信機）	2	大涌谷・上湯場
(B3) 機動観測用地震計	微小地震を観測し、地震の震源位置を特定することで、噴火場所を正確に捉える（無線式）	5	大涌谷・明神林道・鞍掛山・山伏峠・長尾峠
(B4) 多項目火山性ガス成分観測システム	噴気孔での火山性ガス成分を常時観測・検知し、火山活動の状況を詳細に把握する	4	大涌谷（2箇所）・上湯場（2箇所）

C その他

機器名	目的	設置数	設置場所
(C1) 火山ガス濃度計測装置	人体に有毒な火山性ガス成分の濃度を常時観測し、高濃度になった場合には警報を表示する	1	大涌谷橋
(C2) ライブカメラ	大涌谷の噴気の状態をモニタにより遠望監視するとともに、県民に映像を公開する	1	仙石原
(C3) 防護服等	噴気地帯や火口周辺等の危険地域において調査・観測を行うため盾・防護服（プロテクター）・ヘルメット（フルフェイス型）・携帯型ガス検知器（硫化水素、二酸化硫黄）を整備する	4	（温泉地学研究所）

平成 27 年度については、(1) 大涌谷から上湯場地区にまで拡大している噴気地帯において、火山活動や地すべり等の火山性災害をモニタリングする、(2) マグマの膨張や群発地震活動など地下深くの現象は現有観測網である程度わかるようになってきたが、最終的に地表から噴火するかどうかを判断するための機器、中でも火山性微動や低周波地震を捉えるための観測を強化する、ということに重点を置き、そのために必要な観測施設の整備を推進することを目指し、“火山災害監視機能強化事業費”として実施することになりました。その事業の中では、熱赤外カメラや火山性ガス観測装置、長周期地震計（広帯域地震計）、GPS 観測装置、衛星画像解析ソフト、データ統合共有ソフトの整備を進めることとしました（表 1A）。

■ “当初＋緊急”の緊急対応

4 月に入り、火山災害監視機能強化事業による観測施設の整備を始め

ようとしていたちょうどその頃に、箱根の火山活動が始まりました。温泉地学研究所の地震・火山担当者は急を要さない業務をいったん停止し、ゴールデンウィーク返上で、火山活動のモニタリングと火山活動の評価・解析と、防災関連の会議などへの対応に追われました。

そのような中で、今年度（平成 27 年度）に予定している観測施設の整備を急ぐこと、また、大涌谷の火山活動の推移を詳細に把握するために必要な観測機器を緊急に整備する方向で調整を進めることとなりました。これは、現有の観測データを解析し、現状の火山活動を見極めることももちろん重要ですが、その活動をより正確に把握し一手先を読み、防災対応を行うためには、もう少し詳細な観測データが必要だったためです。

一番初めに緊急的な機器整備の資料（案）を作成したのは、まさに噴火警戒レベルが 2 に上がった直後の 5 月 7 日頃のことでした。そこで、平成 27 年度の当初から計画してい

る観測施設と、さらに強化が必要な観測機器をリストアップし、箱根火山（特に大涌谷周辺）のどこに配置したら有効か、施設の仕様をどうするかなどについて、温泉地学研究所内で詳細に議論を重ねた上で資料を取りまとめています。また、これらの作業と並行して、設置場所の選定や設置候補先への説明、許可申請などの準備も進めていました。

観測施設の新設というと華々しく聞こえるかもしれませんが、地道で膨大な作業量です。普段なら何でもない事でも、火山活動が活発化している中での急を要する作業であったため、観測施設が運用になるまでにたくさんの方々にご理解、ご協力いただきました。特に今回の対応では、一度にたくさんの種類の機器を色々な場所に設置するために交渉相手が非常に多く、温泉地学研究所の職員だけでは対応しきれなかったため、設置の許可申請などについては安全防災局を挙げて対応してきました。

そして、5 月 21 日頃には緊急整備の財源確保に一定の目処が立ちま

表 2 観測機器・施設の整備経過。

日付	機器整備対応状況	箱根火山活動状況など
2015年 4月26日		火山活動への対応・情報発信を開始
5月04日		噴気活動の活発化により、大涌谷の自然研究路を閉鎖
5月06日		噴火警戒レベル 2 に引き上げ、大涌谷周辺の立ち入りを禁止
5月07日頃	緊急的な機器・施設の整備に着手	
5月08日	整備計画の素案策定	大涌谷への完全立ち入り禁止
5月21日頃	整備計画の方針・骨子決定	
6月上旬頃	機器・施設の整備開始	
6月03日	(C3)防護服等の整備完了	
6月08日	(A5)衛星画像解析ソフトの整備完了	
6月29日 ～7月01日		大涌谷でごく小規模な水蒸気噴火
6月30日	大涌谷周辺の施設整備について一時中断	噴火警戒レベル 3 に引き上げ、大涌谷周辺は警戒区域に
7月24日	(B3)機動観測用地震計の整備完了	
8月25日	(A3)長周期地震計（駒ヶ岳）の整備完了	
9月11日	大涌谷周辺の施設整備について再開	噴火警戒レベル 2 に引き下げ
9月30日	(B1)噴気監視カメラ（湯ノ花沢）の整備完了	
11月20日		噴火警戒レベル 1 に引き上げ
12月24日	(A1)熱赤外カメラ、(A2)火山性ガス観測装置、(A3)長周期地震計（下湯場）、(A4)GPS 観測装置、(B1)噴気監視カメラ（大涌谷）、(B2)リアルタイムGPS の整備完了	
12月25日	(B4)多項目火山性ガスの整備完了	
2016年 1月20日	(C1)火山ガス濃度計測装置の整備完了	
2月29日	(A6)データ統合共有、(C2)ライブカメラの整備完了	

した。その後は一気呵成に整備計画を進め、6月上旬頃からは、仕様や設置場所が決まった機器・施設から順に整備を実行し始め、6月下旬には全ての施設の発注が終わりました。

■噴火で中断、それから

さあ、これから現場で施設の設置工事を始めようと思った矢先の6月29日、大涌谷でごく小規模な水蒸気噴火が発生しました。それにより、噴火警戒レベルは3に引き上げられ、大涌谷周辺は警戒区域になったことは、前述の通りです。噴気量が多く、火山ガス濃度が高いだけでも現場での作業には充分注意が必要になりますが、これまでに観測したことのない噴火の後の推移が見通せない状況でした。そのような状況下で、警戒区域内での作業は困難であるため、大涌谷に設置する予定の機器・施設の整備は、一時中断を余儀なくされました。整備が間に合わず、新たな機器・施設で噴火現象を観測データとして記録することができなかったことは、非常に残念でなりま

せん。しかし、「もしも施設設置工事中に噴火に遭遇していたら…」そう考えると、背筋が寒くなります。

一方、警戒区域外（大涌谷以外）の機器・施設については、概ね予定通りに整備が進みました。そして、9月11日に噴火警戒レベル2に引き下げられるとともに、大涌谷での施設設置工事は本格的に再開し、ほぼ全ての施設は12月下旬には運用を開始しました。機器・施設の整備経過については、表2をご覧ください。

■緊急的に整備した機器・施設

ここまでは、観測施設の整備についての経緯をお話しましたが、では、実際にどのような機器・施設を新たに火山観測網に加えることになったのか、その要点をお話しましょう。

当初の計画は、大涌谷の北側に拡大している噴気地域のモニタリングや火山性微動・低周波地震の検知を目的とするものでしたが、噴火の発生を考えた場合には現象が起きている現場、つまり大涌谷のごく近傍

における観測データが重要であることは、言うまでもありません。しかしながら、既存の観測網は箱根火山全体を捉えることをねらった施設や観測点配置になっていたため、狭い範囲を細かく調べるには、少しデータが足りないこともありました。そこで、今回の緊急的な観測施設の整備では、(1) 大涌谷に集中的に観測施設を強化する、(2) 活動状況の変化にも対応できるような機動性のある観測機器を導入する、ということに重点を置きました。

(1) については、3種類の観測機器・施設を大涌谷などの噴気地帯をターゲットとして設置しました。1つ目は、噴気地帯の状況の変化を捉えるための噴気監視カメラです（写真6、7）。温泉地学研究所では火山ガス・地温観測装置として既存の観測施設がありますが、そこに設置されている熱赤外カメラは動画の取得ができませんでした。そこで、今回新たに噴気監視カメラとして設置した施設には、ネットワーク回線を強化し、熱赤外カメラの画像を動画としてモニタリングできるようにしています。また、熱赤外カメラととも



写真6 大涌谷に設置した噴気監視カメラ（2016年2月19日撮影）。



写真7 大涌谷に設置した噴気監視カメラ（2016年2月19日撮影）。

に可視カメラを併設することにより、地表面の温度のみならず現地状況を把握できるようにしました。

2つ目は、地盤の変化を捉えるリアルタイム GPS 観測装置です（写真 8）。噴気地帯はその地熱や熱水などにより地盤が弱くなり、地すべりや斜面の崩壊が発生する可能性があるため、大涌谷と上湯場の 2ヶ所をモニタリングしています。それぞれの地域には、設置場所の変位（動き）をリアルタイムで捉えることのできる GPS（1 周波）を 10 台設置し、狭い範囲ではありますが面的な変化がわかるようにしました。

3つ目は、火山ガスの状態を測定する多項目火山性ガス成分観測システムです（写真 9）。これも噴気地帯である大涌谷と上湯場に設置しました。他にも火山ガスに関する観測装置はありますが、それらは大気中のガス濃度を計測しています。しかし、今回導入したこのシステムは、できるだけ噴気孔付近のガスを採取できるように工夫し、連続的に二酸化硫黄（ SO_2 ）や硫化水素（ H_2S ）、二酸化炭素（ CO_2 ）などの濃度を測定することにしました。それは、大

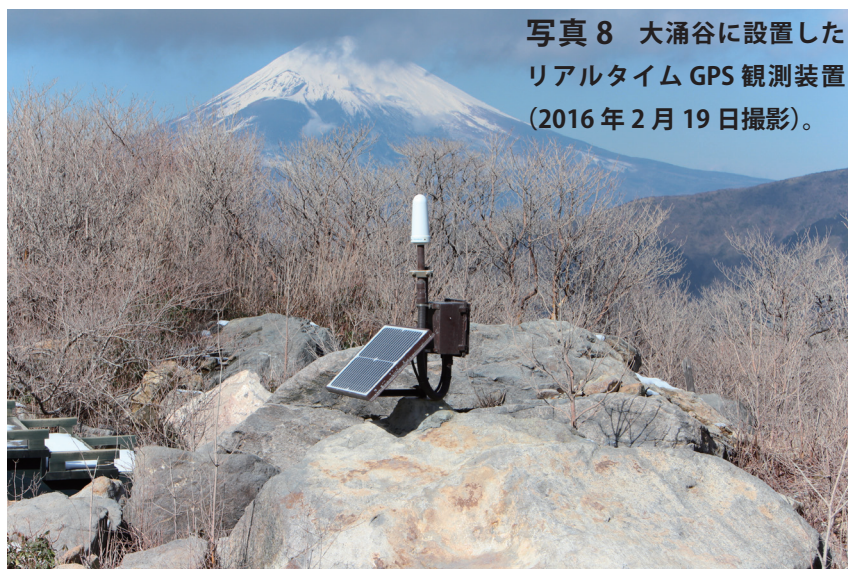


写真 8 大涌谷に設置したリアルタイム GPS 観測装置（2016 年 2 月 19 日撮影）。

気中に拡散・混合された火山ガスよりも、噴気孔に近いガス成分の変化は、より火山活動を反映したものになることが期待されるためです。

(2) の機動性がある観測機器については、機動観測用地震計を整備しました（写真 10）。現有の臨時観測用の地震計はバッテリーで動作し、データは現地に設置した収録装置に記録するものです。そのため、定期的にバッテリーを交換したり、データを回収したりして（だいぶ日経ってから）解析をしなければいけ

ませんでした。これらの課題を克服するため、本機器では、ソーラーパネルを付けることにより電源問題を解決し、また、携帯電話のパケット通信を利用することによりリアルタイムでのデータ収録を可能にしています。これにより臨時的に設置した地震計も、通常地震観測施設のデータと同じように扱えるようになりました。そして、電源やネットワークのための有線の敷設が不要になっているので、今後も、地震・火山活動の状況に応じて、観測場所を比較



写真 9 大涌谷に設置した多項目火山性ガス成分観測システム（2016 年 2 月 19 日撮影）。



写真 10 明神林道に設置した機動観測用地震計（2016 年 2 月 22 日撮影）。

の簡単に変更できるようにもなります。

以上の緊急的に整備した機器・施設については、火山活動の状態を正確に把握したり、活動の評価や調査・研究をすることを主目的としたものです。一方、より防災対応や情報発信の強化を意識した整備も行ってい

ます。その1つは、火山ガス濃度計測装置で、これは、警戒区域外で火山ガス濃度がやや高くなる可能性があるために警報を出す装置が併設されています(写真 11、12)。また、大涌谷を遠望するライブカメラも設置しました。

これらの平成 27 年度に整備した

機器や観測施設については、図 1 と表 1 をご覧ください。

■おわりに

平成 27 (2015) 年に発生した箱根火山活動の活発化とごく小規模な噴火により、箱根町に関わる皆様をはじめ多くの方が影響を受け、多大

写真 11 大涌谷橋に設置した火山ガス濃度計測装置 (2016 年 2 月 19 日撮影)。



写真 12 大涌谷橋に設置した火山ガス濃度計測装置 (2016 年 2 月 19 日撮影)。

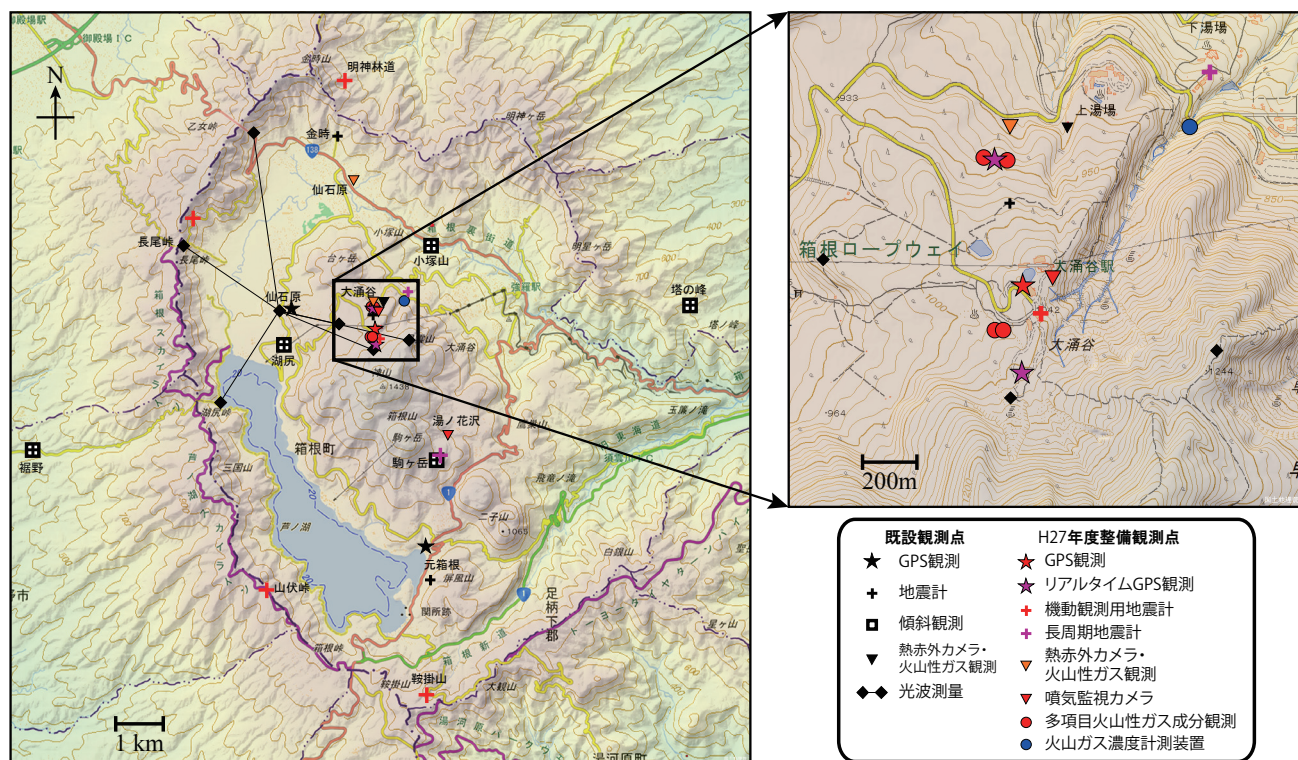


図 1 箱根地域の火山観測網。

なご苦勞をされたことと思います。その裏で我々は何をしていたのか、その一つが緊急的な機器・施設の整備です。この文章を読み返してみるとたわいもない業務日記のようですが、当時の我々は先の見えない緊張感と、とにかく早急に対策を行いたい切迫感に満ち溢れていました。

今回の整備により、温泉地学研究

所の火山観測網は強化されました。今後、火山活動が再び活発化した場合には、今までよりもリアルタイムでの火山現象の把握がより高精度化するように調査・研究を推進するとともに、それらの情報を適切に発信できるように考えていきたいと思えます。

■謝辞

観測機器・施設の整備・設置にあたっては、箱根町に関わる様々な機関の方々にご理解・ご協力・ご配慮をいただきました。改めて深くお礼申し上げます。