

箱根山の火山活動

宮岡一樹
(神奈川県温泉地学研究所)



2013年の1月から2月にかけて、箱根山で群発地震活動がありました。火山活動としての規模は小さく、噴火を心配する状況ではなかったのですが、いろいろな報道で、活動の行方を心配する声が多数、聞かれました。本稿では、2013年の活動を、報道の見出しを踊らせたフレーズから振り返ってみたいと思います。

■ 箱根山の活動

初めに、私たちが考える箱根山の火山活動のイメージを見て頂きたいと思います。

図1に示す様に、箱根山のマグマだまりは、深さ7～10kmといった深部にあると考えています。そこから熱水もしくは火山ガス（以下、「火山ガス等」）の浅部への供給経路があって、深さ4kmよりも浅い場所にある地層や岩石の隙間などに貯まっていると考えています。これらに地下水が混ざったり温められたりして、温泉や噴気として地表に現れるのでしょう。これが通常状態です。

群発地震活動時の状態を図2に示しました。さらに深部からのマグマの供給など、何らかの影響でそのマグマだまりが膨張すると、浅部への火山ガス等の供給量が増え、それが地層や岩盤の割れ目に入ることによって発生する極小さな破壊が微小地震として観測されます。またそのマグマだまりの膨張や浅部での圧力がたかまることによるわずかな山体の膨らみが観測されます。

箱根山も含め、一般的に火山では度重なる噴火によって噴出物が重なり合い、それらが変形を受けたり破砕されていたりするため、わずかな刺激でも数多くの微小地震が発生し

箱根山の活動イメージ

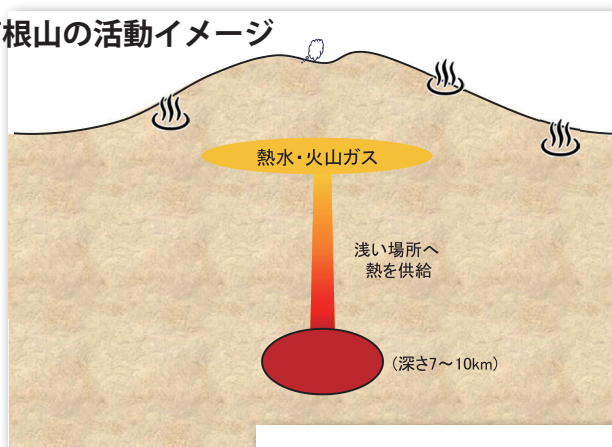


図1 通常期

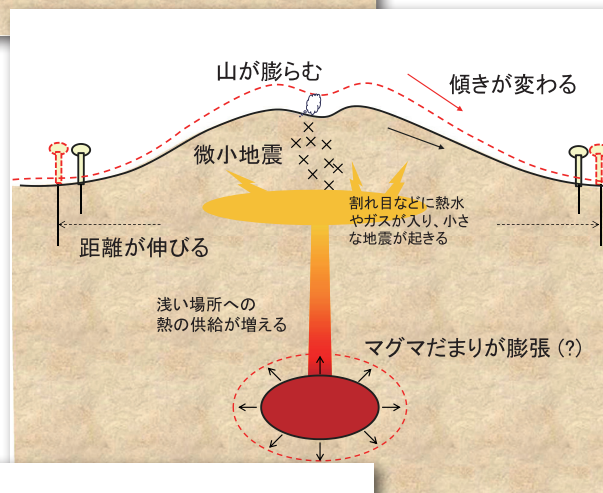


図2 群発活動期

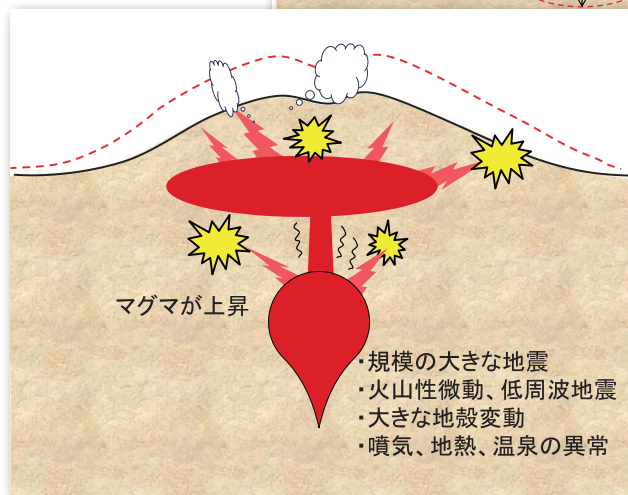


図3 噴火の前

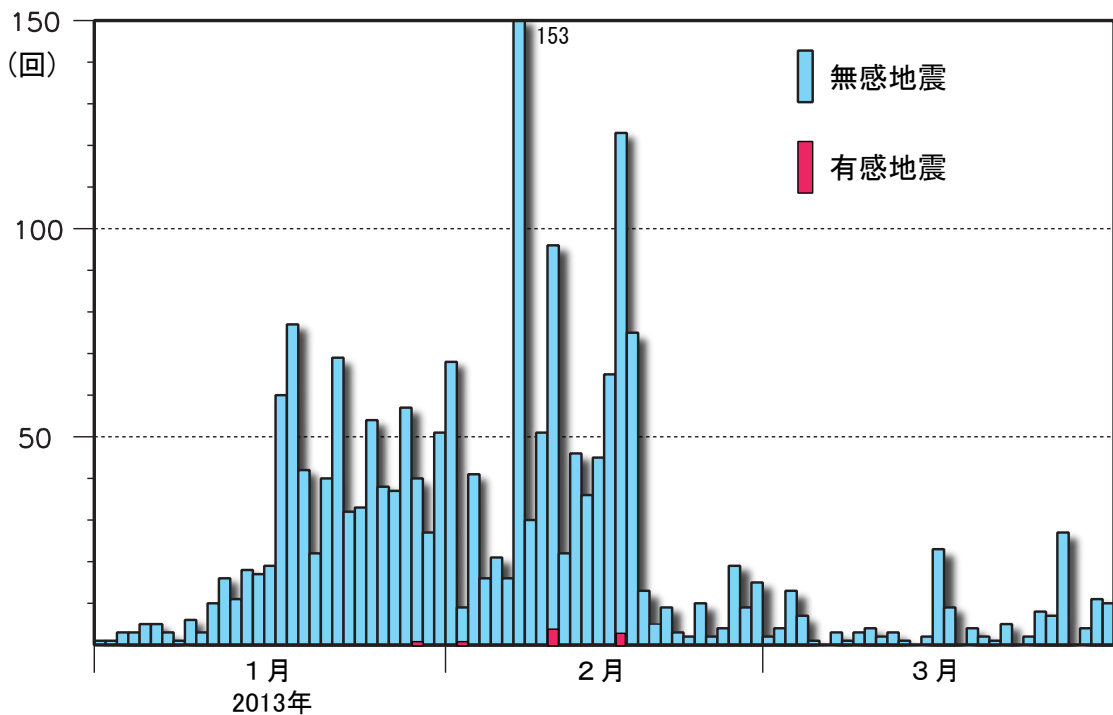


図4 日別地震回数 (2013年1月~3月)

地震の数は確かに増えていたが、、、
規模は小さなものばかり。

ます。その中でやや大きめの地震の際には、直上で揺れを感じるようになります。

浅部に供給された火山ガス等の量が多い場合には、2001年の群発地震活動の際に見られたような、蒸気井の暴噴や新しい噴気・地熱地帯の出現、あるいは1960年台に強羅地区で見られたような温泉の一時的な昇温現象などとなって現れると考えています。

この程度の活動とは異なって、マグマそのものが上昇してくる場合には、さらに大きな異常や別の様々な現象が現れます(図3)。例えば、規模の大きな地震の発生や噴気地熱地帯の出現、温泉の昇温、大きな地殻変動などが観測されるものと考えられます。また箱根山ではこれまでにそのようなことが観測されたことはありませんが、マグマ等の流体の動きによって引き起こされる低周波

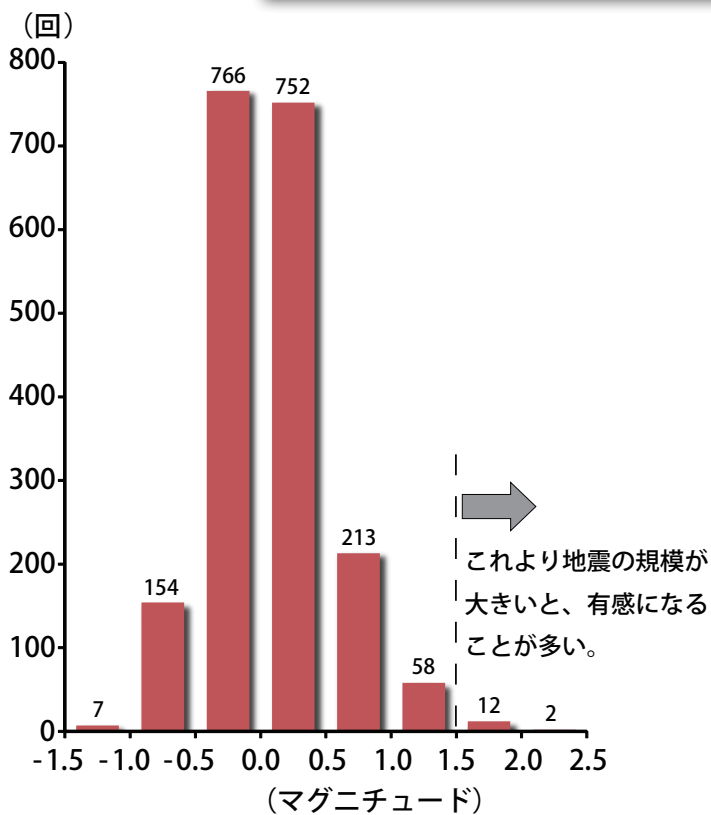


図5 規模別頻度分布 (2013年1月~3月)

これより地震の規模が大きいと、有感になることが多い。

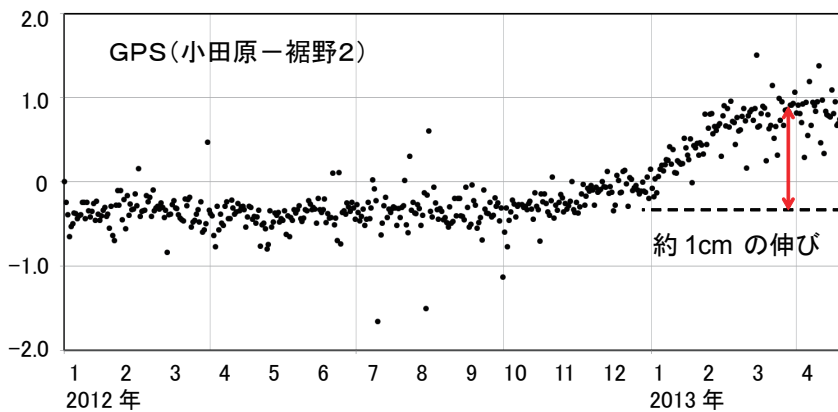


図6 GPSによる伸びの変化

地震や火山性微動なども観測されるのではないかと考えています。

そのマグマが地表付近まで上昇してくると、大規模な噴火現象が発生することになり、避難が必要になります。ただし、その場合でもマグマが急上昇して短時間で噴火に至ることはなく、数日から数週間(?)、上記のような現象を経てからと予想されるので、避難するための時間はあると考えています。

■ 2013年の活動

次に、今回の群発地震活動の際に観測された諸現象について、報道などで見かけたフレーズで追いかけてながら解説してみたいと思います。

* フレーズ1 箱根山で1500回の地震！

実際の状況は、

地震の回数だけをみれば1500回ないし2000回となるが、人が感じる地震はほんのわずか。

温地研では箱根山周辺に高感度地震観測網を敷いていて、非常に小さな地震も観測しています。微小地震は山体内のわずかな応力変化によって発生していることから、その発生状況を追いかけることで、火山活動の状況をつぶさに把握することができます。

最も小さいものではマグニチュード(以下、M) 0や-1(マイナス1)くらいのもので、その震源位置や規模を解析することができます。Mの値にはマイナスもあるのです。また規模の小さい地震は大きなものよりもたくさん発生します。Mが1小さくなるとその発生数は概ね10倍となりますので、まじめに一生懸命観測すればするほど、地震の数は増えますし、解析できない程の小さな地震は無数に発生しています。

図4には2013年1月から3月に箱根山で観測された地震の日別回数を示しました。3月までに千数百回もの地震が観測されています。ただし、それらの地震のほとんどは小さいものばかりです。図5は各M(0.5刻み)の地震が何回発生したかを示す規模別頻度分布図です。このグラフを右から左にいくほど棒グラフが高くなっている、つまり大き

20kmの距離が
20km + 1cm になった。

2000000cm → 2000001cm

なものはずかで、大半はM1に満たない小さなものばかりであることがわかります。なお、M0.0より小さいものが逆に少なくなっているのは、あまりにも規模が小さいためにきちんと解析できていないためです。

経験的に箱根山では、M1.5を超える地震の場合に人が揺れを感じる様です。数多くの地震が観測されていますが、人がその揺れを感じるものはほんのわずかです。今回の活動で、大涌谷に温地研が設置した震度計で震度1に相当する揺れを観測した地震は9回でした。

* フレーズ2 箱根山が膨張！

実際の状況は、

ほんのわずかに膨張。ただし、人が山の膨張や変形を実感できるものではない。

火山活動の観測で重要な項目のひとつに地殻変動観測があります。第2節で見たように、火山活動が高まると、地下深部のマグマだまりの膨張で山全体がわずかに変形し(膨らみ)、傾斜計やGPSなどでその変化が捉えられます。

図6は国土地理院が設置したGPSによる小田原と裾野の間の距

0.0001° は、1 km 先の地面が 1.8mm 上がった程度の地面の傾き。

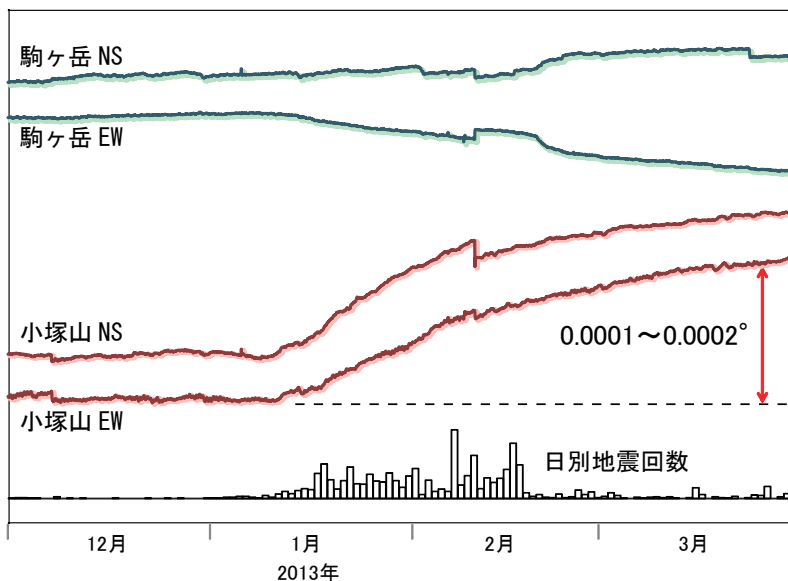


図7 傾斜計の変化

離（おおよそ 20km）の変化グラフです。箱根山をはさむ 2 点の距離が 2013 年の 1 月かもう少し前から伸びていることがわかります。また図 7 は傾斜計データの時間変化グラフで、1 月中旬頃から変化していることがわかります。

これらはマグマだまりの膨張などによる地表での変動の様子を捉えたものです。ただし、GPS の 2 点間の距離の変化は約 1cm、傾斜の変化も 0.0001～0.0002° とわずかで、高精度の観測機器によってようやく捉えられる程度です。人が山の膨張や変形を実感できるものではありません。

*** フレーズ 3
箱根山で震度 5！大涌谷だけで揺れる不気味な地震…**

実際の状況は、

震源直上ではやや大きな揺れ。
しかし規模は小さく、少し離れたと揺れは感じない。

今回の活動の中で最も規模の大きかった地震は、2 月 10 日に発生した M2.3 の地震でした。温地研が大涌谷に設置している地震計のデータを解析したところ、震度 3 相当の揺れであったことがわかっています。この地震では、大涌谷のロープウェイ駅舎で震度 5 の揺れであったとして、ネットで話題となり、テレビなどのマスメディアでも大きく報道されていました。「震度 5」はちょっと怖いですが、実はロープウェイの安全運行のため、あえて駅舎の揺れやすい場所に設置していた簡易震度計の観測によるものであったとのこと。温地研の解析では、大涌谷

は震度 3 相当の揺れでした。

この地震を含め、2013 年の活動で大涌谷で震度 1 相当以上の揺れを観測した地震は 9 回でした。

しかし気象庁から地震情報（震源、震度に関する情報）として発表されることは 1 度もありませんでした。これはなぜでしょう。震度とは人の感じる揺れの大きさで、この大きさは場所によって大きく異なります。2 月 10 日 M2.3 の地震は大涌谷直下の深さ約 1.5km という非常に浅い場所で発生したことから、その直上では大きな揺れとなりました。しかし規模も大きなものではなく、大涌谷から離れるにしたがって揺れは小さくなり、震源から約 8km の距離にある箱根町役場に設置された震度計では震度 1 となるような揺れにはなりません。このため、気象庁から情報が発表されることなかったのです（図 8）。

*** フレーズ 4
大噴火の前兆か？！**

実際の状況は、

活動の規模は 2001 年よりも小さく、噴火につながるような現象はない。

噴火に至るのか？確かにここが防災上の最大のポイントであったことは間違いありません。そのために気象庁などとデータや情報交換を行いながら、共に経過を注意深く見守っていました。

噴火の可能性の見極めにはふたつの観点がありました。ひとつは過去の群発地震活動との比較であり、もうひとつは 2 節で挙げたような、噴火の前に観測されるであろう現象の有無です。

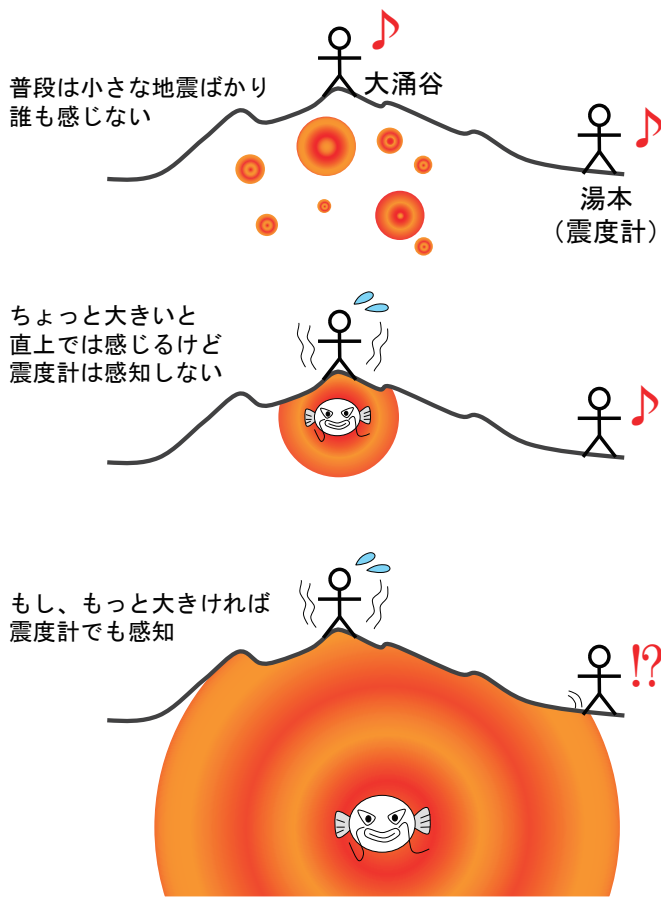


図8 大涌谷だけが揺れるわけ

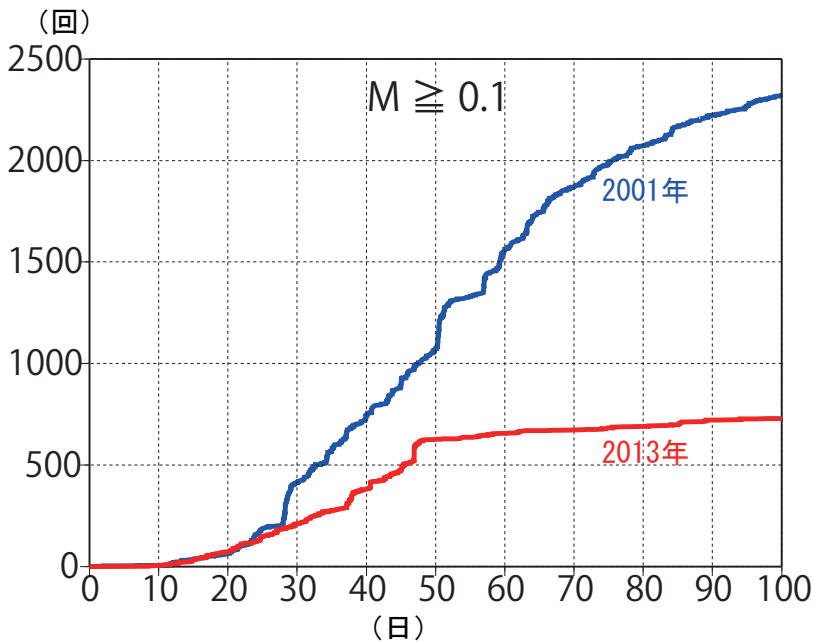


図9 2001年と2013年の地震回数比較 (活動が始まった日からのM 0.1以上の地震の積算回数比較)

箱根山では過去にも群発地震活動が度々発生してきており、温地研の観測の中では2001年の活動が最大のものでした。2001年の活動の際には、活発な地震活動や地殻変動が観測されただけでなく、温泉造成施設(蒸気井)の暴噴や新たな噴気・地熱地帯の出現などの現象も見られました。ただ、その場合でも噴火に至ることはありませんでした。気象庁と共に、1月から2月中旬にかけての活動状況と2001年の状況とを見比べながら(図9)、今回の活動は2001年よりも小さいという評価を行い、また日々データを監視している中で、マグマが上昇してくるような現象が観測されたり、あるいはその兆候がみられたりすることはなく、噴火の可能性はないとの判断をしていました。

その後、噴火に至ることはなく、2月下旬以降、地震活動は急速に低下し、3月初め頃からは地殻変動データの変化も収まっていきました。

■ おわりに

「火山で異常が！」となると噴火を危惧するのは当然のことかもしれませんが、小さな変化は箱根山だけではなく日本全国の火山でたくさん観測されています。桜島のような頻りに噴火する火山を除いても、2013年の1年間で群発地震活動や地熱、噴気などの異常が観測された火山は、全国で110ある活火山のうちの1割以上を数えます。

活きている火山ですので、頭痛や発熱は時々、起こります。ただし、多くの場合、手術が必要となるような大病につながることはありません。温地研はその箱根山のかかりつけの町医者として、常に経過観察をし、そのカルテは大病院の気象庁や保護者(?)である箱根町などにも

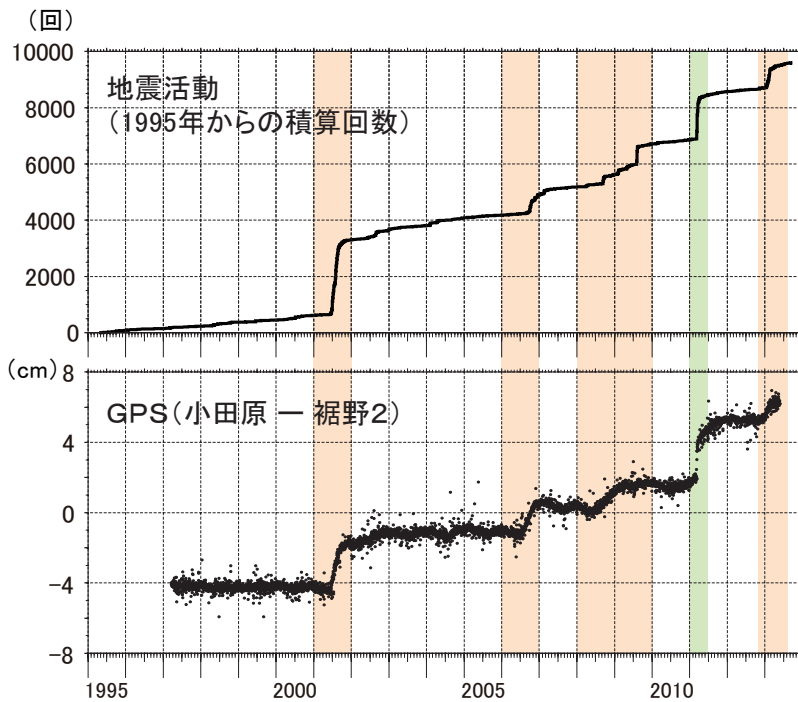


図 10 最近の活動状況 (上：地震活動、下：GPS 変化)

送っています。そして、もし入院を必要とするような場合には、きちんとした情報や警報が発表されることとなりますので、それまでは必要以上の心配をしなくても大丈夫です。私たちが誤診のないよう、さらに研究を深めたいと考えています。

最後に箱根山の活動の現状から見た、火山としての現状と防災のポイントを挙げておきたいと思います。箱根山の噴火の頻度はそれほど高くはなく、数百年程度に一度であり、また火山としての年齢が高く、現状では大規模な噴火の危険性は低いなど考えられていますが、将来にわたって噴火することがないというわけではありません。図 10 には地震の日別回数と積算グラフ (上段) と、GPS 観測による小田原—裾野間の距離の変化グラフを示しています。活発な群発地震活動の度に小田原—裾野間の距離が伸びており、この変化は活動終了後も元に戻っていません。このことは、地下深部でマグマが蓄積しつつあることを示している

のかもしれませんが、数十年後なのか、数百年後なのか、それはわかりませんが、次の噴火の準備であるかもしれませんが、もしこのマグマが上昇してきた場合でも、2 節などで見たような様々な現象を伴いますので、それを事前に捉えられるはずです。またそのような事態になっても、いきなり、あるいは極短時間で大噴火に至るようなことはなく、避難の時間は十分にあると考えています。

その一方で、地表に近い、ごく浅い場所に貯まった火山ガスの圧力の高まりによる規模の小さな水蒸気爆発であれば、発生する可能性はあると思われます。気象庁が発表する噴火警戒レベル 2 ないし 3 はこの状況を想定しており、そのような場合には、大涌谷周辺への立ち入りが禁止されます。また自然環境保全センターや観光業者などで構成される大涌谷園地安全協議会によって火山ガス濃度などの測定を行われており、異常があった場合には遊歩道への立ち入り規制の措置がとられるなど、

噴気や火山ガスによる事故や土砂災害などに備えた安全対策が図られています。

噴火以外の現象についても注意を払っておく必要があります。ひとつは地震の揺れに対しての備えです。発生する地震の規模が M3 などであった場合、震度 4 や場合によっては震度 5 弱など大きな揺れになる可能性があります。高いところにある物が落ちないようにするなどの備えをしておくことが重要です。また大きな揺れや大雨に伴う土砂災害などの危険性があることも認識しておく必要があります。

しかし、普段は大いに箱根を楽しんでいただきたいと思います。

ときにこのような群発地震活動が起きますが、それは箱根が元気な証拠でもあり、温泉などの恵みの素でもあります。

箱根火山の活動や監視についてももっと詳しく知りたい方は、本号のコラム「火山活動の見方」、や、温泉地学研究所研究報告などをご覧ください。