

箱根火山の火山活動シナリオ —確率樹の試案と噴火確率に対する危険度認知—

小山真人・村越 真（静岡大学防災総合センター）

1. はじめに

2015 年 4 月下旬に始まった箱根火山の群発地震活動は、5 月 6 日に噴火警戒レベルが 2 に引き上げられたことから大きな社会的関心を呼んでいる。しかしながら、定量的な火山活動シナリオが呈示されていないため、安全側と危険側の両極端に偏った主観的な見解がマスメディアを賑わしているように見え、市民の適切なリスク認知を困難にしていると考ええる。一方、伊豆東部火山群では確率付きの火山活動シナリオ⁽¹⁾が地域防災計画⁽²⁾や噴火警戒レベル表に呈示され⁽³⁾、ジオパークと連携した市民への普及活動もなされている。以上の状況を鑑み、伊豆東部火山群の火山活動シナリオの作成方法⁽¹⁾にならって、箱根火山の火山活動シナリオの作成を試みた。また、そこに併記された確率をユーザーがどう受け取るかの予察的調査も実施したので報告する。

2. 主要な事象の発生頻度

過去およそ 7 万年間の箱根火山の噴火史^{(4)~(6)}ならびに歴史時代の群発地震の履歴^{(7)~(9)}を参考にして、まず主要な事象の平均的な発生頻度を考えた（図 1）。各事象の発生頻度の求め方を以下に記す。なお、図中では溶岩ドーム起源の火砕流を「熱雲」、カルデラ形成をともなう規模の大きな火砕流を「軽石流」と記した。ラハールや地すべりについては頻度の計算が難しいことと、図が複雑になることから、図中に添え書きを記述するにとどめた。

・プリニー式噴火（準プリニー式噴火を含む）の頻度は、単純計算すると過去 7 万年間に 10 回すなわち 7000 年に 1 回程度となるが、過去 4 万年ほどの間のマグマ噴火は溶岩ドーム形成（およびそれにともなう熱雲）が主体でプリニー式噴火が一度も起きていないことを考慮し、4 万年に 1 度程度と考えた。

・溶岩ドームの形成が過去 4 万年間に 12 回ほど確認されていることから、同様の噴火の発生頻度を 3000 年に 1 度程度と考えた。

・大涌谷付近においては過去 3000 年間に 5 回の水蒸気噴火が確認されているため、同様の噴火の発生頻度を 600 年に 1 度程度と考えた。

・群発地震活動の発生頻度に関しては、1990 年代の大涌谷付近の群発地震活動が静穏であり、現在のような火山性群発地震の頻発は 2001 年以降に始まったこと⁽⁸⁾から、2001 年以降の群発地震の性格と発生頻度⁽⁹⁾のみを参考にして以下のように考えた。

・噴気異常と地殻変動をともなう群発地震の発生頻度については、2001 年群発地震のひとつ前の

類似した活動が 1959-60 年であることから、箱根町火山防災マップの作成時点（2004 年）では 50 年に 1 度程度と考えていた（第 1 著者は同マップの検討委員会委員）。しかしながら、上記のように 2001 年以降は群発地震の性格が変わったことや、2001 年からおよそ 14 年を経た 2015 年に、2001 年と同様の噴気異常と地殻変動をともなう今回の群発地震が発生したことを重く見て、噴気異常と地殻変動をともなう群発地震の発生頻度を 20 年に 1 度程度と考えた。

・地殻変動をともなうが噴気異常をともなわない群発地震（2001 年以降の顕著なものは 2006 年、2008 年、2009 年、2013 年の 4 例）の発生頻度を 3 年に 1 度程度と考えた。また、噴気異常と地殻変動のどちらも伴わない群発地震（2001 年以降の顕著なものは 2011 年の 1 例のみ）を、火山性・非火山性を問わずに「その他の群発地震」として一括し、その発生頻度を 10 年に 1 度程度と考えた。

3. 火山活動の発生確率とシナリオ

以上の各事象の発生頻度をもとに、各分岐時点での主要な事象の発生確率を以下のように算定した（図 1）。各事象の発生頻度にもとづけば、今後 4 万年間の平均的な噴火の内訳として、プリニー式噴火が 1 回、溶岩ドーム形成が 4 万年/3000 年 \div 13 回、水蒸気噴火が 4 万年/600 年 \div 67 回起きることになる。すなわち火山噴火の総数は 81 回（平均して約 500 年に 1 度）となり、上記事象への確率配分はそれぞれ 1/81 \div 1%、13/81 \div 16%、67/81 \div 83%となる。なお、御嶽山 2014 年噴火の例でわかるように、水蒸気噴火と同時に火砕流・火砕サージが発生する場合がある。その有無の確率配分（有り 20%、無し 80%）は、過去 3000 年間に大涌谷周辺で発生した 5 回の水蒸気噴火のうち火砕サージ堆積物をともなうものが 1 例あることにもとづいた。

次に、噴気異常と地殻変動をともなう群発地震の発生頻度を上述のように 20 年に 1 度程度と考えれば、今後 500 年に 25 回発生することになり、そのうちの 1 度が噴火にまで発展すれば、噴火履歴から求めた 500 年に 1 度の噴火となる。つまり、噴気異常と地殻変動をともなう群発地震が発生した時点で、それが噴火にまで発展する確率は 1/25 で 4%となる。

以上の確率をもとに、平常時における主要事象の年間発生確率（平常時の任意の時点から 1 年間の発生確率）を計算した図も添えた（図 2）。平常時には 0.2%だった噴火確率が、現時点で 4%にまで高まったので、それに応じて噴火警戒レベルが 2 となったと考えれば現状を理解しやすい。比較のために、伊豆東部火山群の火山活動シナリオも示した（図 3）。

なお、図 1～2 には、現時点で以下の課題があることを付記しておく。

- ・堆積物として残らない程度の小規模な水蒸気噴火を想定できていない。
- ・大涌谷以外の地熱地帯（早雲地獄、湯ノ花沢）での水蒸気噴火を想定できていない。
- ・先神山や神山の形成時期などに起きた小規模な溶岩流出事件を想定できていない。

4. ユーザーの危険度認知

適切なリスク情報伝達のためには、ユーザーである住民や観光客がこうした確率をどう捉えるか

を知る必要がある。筆者らの調査はまだ不十分なものであるが、予察的結果を以下に述べる。

図4～5は、前節で述べた現時点での箱根の噴火確率の試算値4%を呈示した上で、まずそれについての感想を5段階の危険度（図4の説明文参照）で尋ねた後、向こう1年間の噴火確率を現時点でどの程度と感じるかを尋ねた結果である（対象は静岡大学教育学部の1年生142名。専攻は理系・文系・芸術体育系さまざま）。

図4左から、約9割の回答者の危険度認知が(2)「あまり心配を感じないので、立入規制の範囲外であれば、観光に行きたいと思う」、(3)「やや心配だが、立入規制の範囲外であれば、観光に行ってもよい」、(4)「少し心配なので、立入規制の範囲外であっても、なるべく観光に行きたくない」、の3段階の範囲に収まっていることがわかる。しかしながら、図4右と図5からわかるように、危険度をもっとも低い(1)と考える回答者が噴火確率を10%以下と低く感じていること以外には、危険度認知と噴火確率認知にこれといった相関が見られない。このことから、噴火確率の数値の捉え方には大きな個人差があることがわかる。また、確率の呈示後も、大部分の回答者が呈示された数値より噴火確率を高く考えている（図5）。なお、呈示の仕方（噴火する確率4%、噴火しない確率96%の2種）による明瞭な差は見られなかった。

いっぽう上記とは別の学生30名（9割以上が教育学部生）に、図1を簡略化したものを添えた短い解説（5月27日の朝日新聞記事）とともに噴火確率4%を呈示し、呈示の前と後で危険度認知と確率認知のそれぞれがどう変化するかを調べたところ、約7割の回答者の危険度認知が低下した（図6）。このことは、確率の呈示が過剰なリスク認知を是正する一定の効果をもつことを示している。一方で、確率呈示後も危険度認知が変化しなかったり、かえって増加した回答者も存在する。回答者の自由記述から判断して、この危険度認知の増大は、詳細なシナリオ呈示によってリスクの現実味が増したことが要因と考えられる。

以上のように、噴火確率とその危険度の認知について興味深い予察的結果が得られており、今後の詳細な検討が必要である。

謝辞：噴火シナリオの作成にあたっては、小林 淳（ダイヤコンサルタント）と宮岡一樹（気象研究所）の両氏に貴重な意見を頂いた。

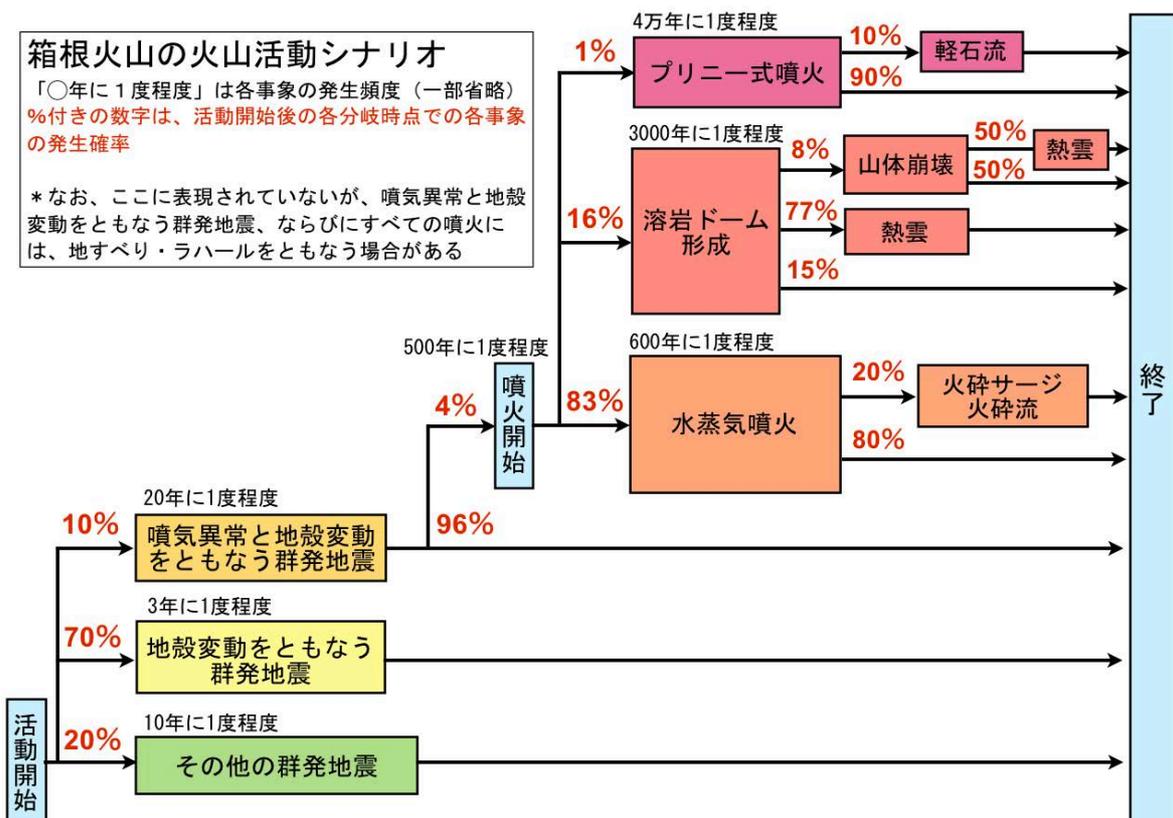


図1 箱根火山の火山活動シナリオ。主要な事象の発生頻度と各分岐時点での各事象の発生確率を示した

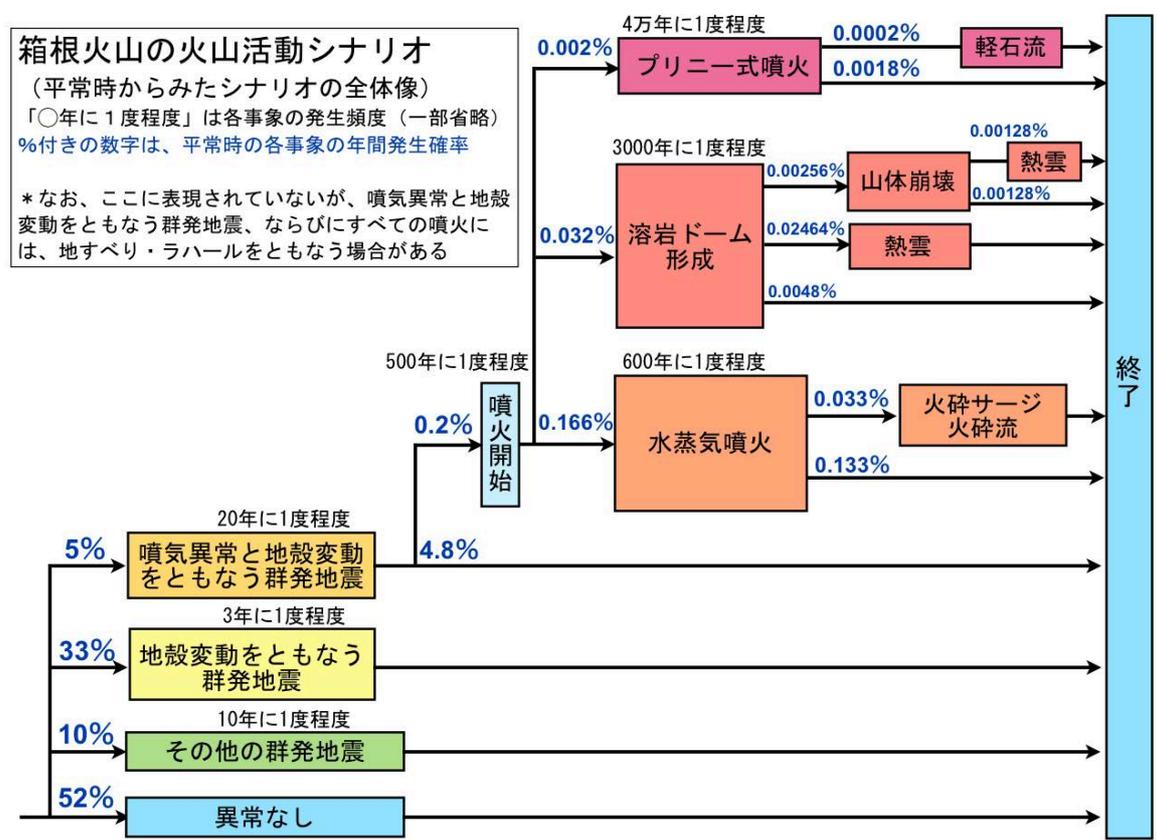


図2 図1の確率を平常時の各事象の年間平均確率に置き換え、「異常なし」（何も起きない確率）も加えた

伊豆東部火山群で予想される活動推移

— 地震活動の見通しに関する情報と 噴火警戒レベル —

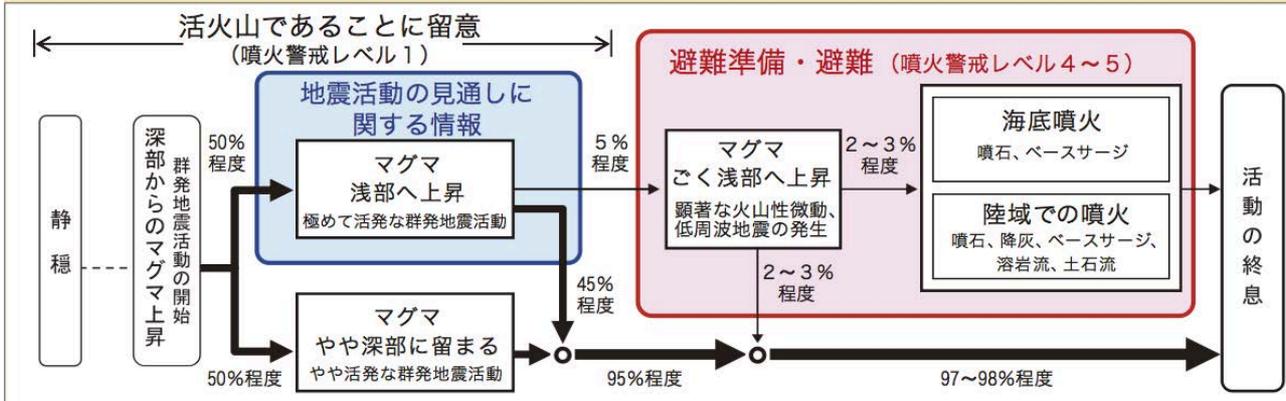


図3 伊豆東部火山群の火山活動シナリオ⁽³⁾

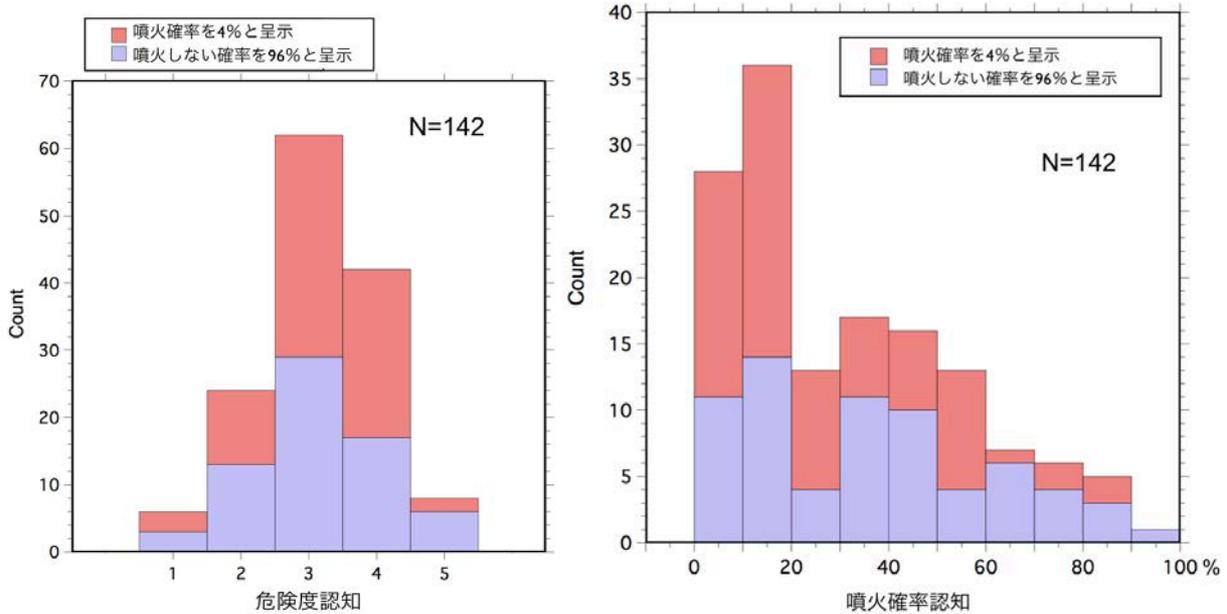


図4 (左) 箱根の今回の活動が噴火にまで発展する確率試算を呈示し、その確率についての感想を5段階の危険度で尋ねた結果(確率の呈示の仕方を「噴火に至る確率4%」「噴火に至らない確率96%」の2つに分け、それぞれ別の回答者に答えさせた)。危険度については、1) まったく心配を感じないので、立入規制の範囲外であれば、ぜひ観光に行きたいと思う、2) あまり心配を感じないので、立入規制の範囲外であれば、観光に行きたいと思う、3) やや心配だが、立入規制の範囲外であれば、観光に行ってもよい、4) 少し心配なので、立入規制の範囲外であっても、なるべく観光に行きたくない、5) とても心配なので、立入規制の範囲外であっても、ぜったいに観光に行きたくない、の5肢からひとつ選ばせた。(右) 上記の設問の後に、実際のところ向こう1年間の箱根山の噴火確率を現時点でどの程度と感じるかを尋ねた結果

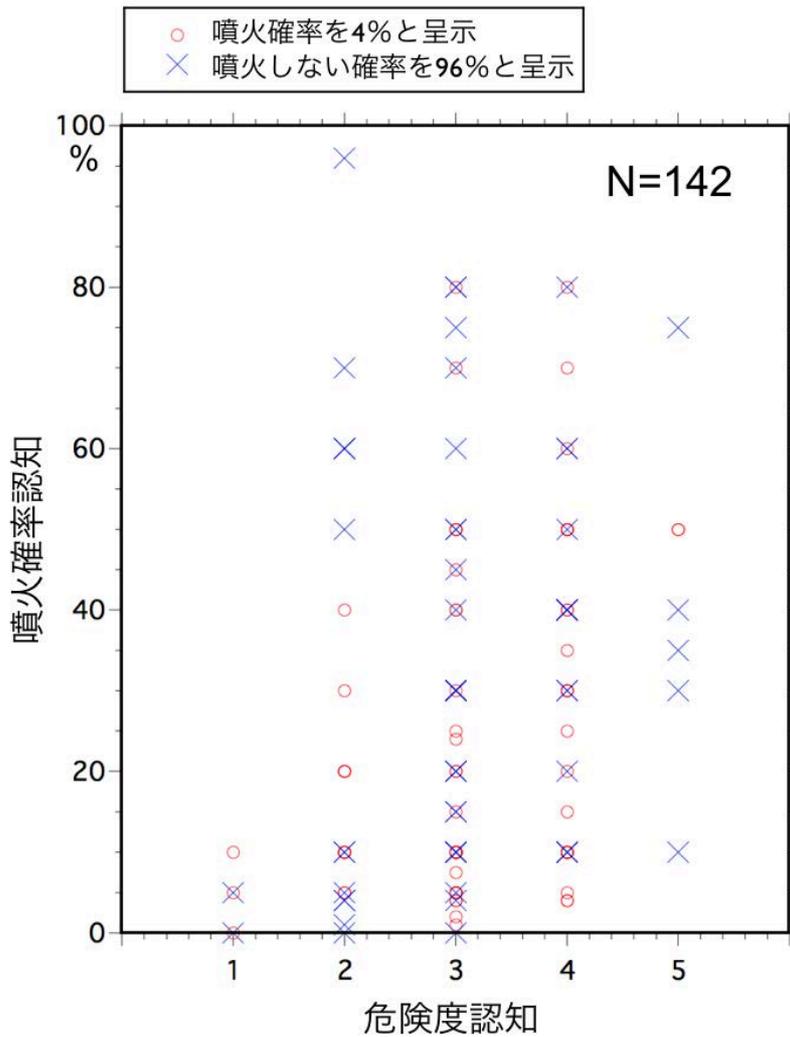


図5 図4の結果の危険度認知と噴火確率認知の相関をとったもの

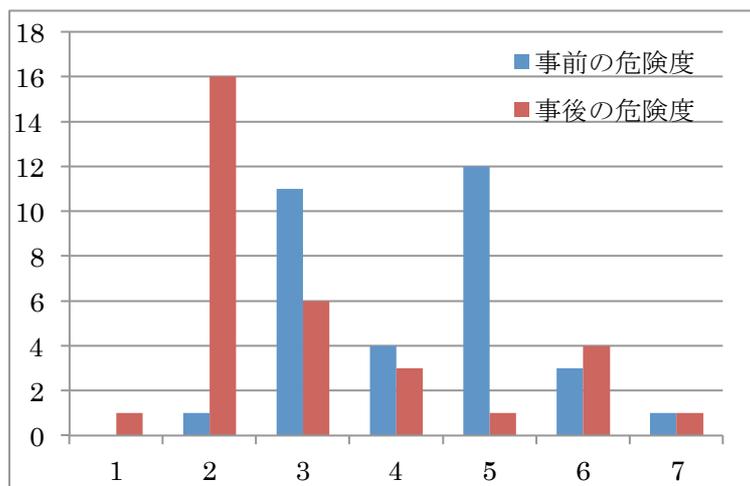


図6 噴火確率4%とその解説を呈示する前と後での回答者の危険度認知の変化 (回答者30名)。危険度は1:「まったく安全」～7:「非常に危険」の7段階から選択させた。

文 献

- (1) 静岡県 (2010) 伊豆東部火山群の火山防災対策検討会報告書
https://www2.pref.shizuoka.jp/all/file_download101600.nsf/pages/452C6822D34DD8E249257AF0002D532B
- (2) 静岡県 (2013) 伊豆東部火山群の火山災害対策計画
<http://www.pref.shizuoka.jp/bousai/e-quakes/shiraberu/higai/kazan/documents/01.pdf>
- (3) 気象庁 (2011) 伊豆東部火山群の噴火警戒レベル
- (4) 小林 淳 (1999) 箱根火山の最近 5 万年間のテフラ層序と噴火史. 第四紀研究, 38, 327-343
- (5) 小林 淳ほか (2006) 箱根火山大涌谷テフラ群—最新マグマ噴火後の水蒸気爆発堆積物. 火山, 51, 245-256
- (6) 小林 淳 (2008) 箱根火山中央火口丘群の噴火史とカルデラ内の地形発達史—噴火活動と密接な関連を有する地形—. 神奈川県博研報, 13, 43-60
- (7) 萬年一剛 (2003) 文献による箱根群発地震活動の再検討 (1917~1960) ; 箱根群発地震活動の地学的意義. 火山, 48, 425-443
- (8) 棚田俊收 (2008) 箱根火山の地震活動(1990 年~ 2007 年)とその発生機構. 神奈川県博研報, 13, 187-194
- (9) 原田昌武ほか (2013) 箱根火山における群発地震活動の分類. 温地研報告, 45, 1-8