



報 告

2016年熊本地震と温泉—主に別府の温泉について—：
市民へのアンケート調査

由 佐 悠 紀¹⁾

(平成 29 年 4 月 24 日受付, 平成 29 年 6 月 12 日受理)

On the 2016 Kumamoto Earthquake and Hot Springs,
Specially Focused on the Beppu Hydrothermal
Area, Japan ; by Making Inquiries to Citizens

Yuki YUSA¹⁾

Abstract

The 2016 Kumamoto Earthquake, whose main shock occurred on early dawn of April 16, 2016, did very severe damage to people, lands, houses, transports, and lifelines etc. in both Kumamoto and Oita Prefectures, Kyushu Island, Japan.

This note will treat first influences on hot springs made by the main shock based on information in newspapers and websites and so on. A well-known hot spring hotel in Minami Aso Village has not be opened for road hazards. In Uchinomaki Spa, Aso City, it became unable to pump up thermal groundwater due to breaking of wells caused by sliding of subsurface layer. Secondly, description will be made on inquiries to citizens concerning influences on hot springs in the Beppu Hydrothermal Area, which were brought by the earthquake occurred near Beppu induced by the main shock. Influences were lesser degrees as water getting white or brown turbid.

要 旨

2016年4月16日未明に発生した地震を本震とする「平成28年(2016年)熊本地震」は、熊本県・大分県に甚大な災害をもたらした。

本文では、先ず、本震が阿蘇地域の温泉に及ぼした影響を、新聞・インターネット等の情報に基づいて紹介する。南阿蘇村の地獄温泉は、土砂崩壊による道路の損壊のため、温泉旅館が営業できなくなった。阿蘇市の内牧温泉では、土地表層部の水平すべりのため温泉井が破損し、揚湯不能となった。次に、大分県中部地域で発生した本震による誘発地震が、主に別府の温泉に与えた影響を、市民へのアンケートによって調べた結果を紹介する。影響はほとんど無く、

¹⁾ 特定非営利活動法人別府温泉地球博物館 〒874-0011 大分県別府市内竈 1393 (電子印刷センター内)。

¹⁾ NPO Beppu Geo-Museum, Denshi Insatu Center, Uchikamado 1393, Beppu, Oita Prefecture 874-0011, Japan. *Corresponding author : E-mail yuyusa@ctb.ne.jp.

温泉水が白色や茶色に濁った程度の軽微なものであった。

1. まえがき—2016年熊本地震の概要

平成28(2016)年4月14日午後9時半頃、テレビを視ていたところ、熊本県で大きな地震が発生したという臨時ニュースが流れた。その後、同地域を震源とする余震が頻発し、翌15日も継続しているとの報道が続いた。しかし、震源域からおよそ90km北東方向に離れた大分県別府市に住んでいる筆者は、ほとんど揺れを感じず(発表された震度は2)、翌15日は深夜12時頃就寝した。

ほどなく、夢うつつの状態で強い揺れを感じたような気がしたが、そのまま眠り込み、翌々16日早朝、いつものように本棚の置時計を見ようとしたら、時計は見当たらず、机の上に落ちていた。それでようやく、16日未明に強い地震が現実にあったことに気づき、テレビをつけて、惨状を知った。午前1時25分頃熊本県で発生したこの地震(マグニチュードM7.3)が、今回の地震の本震とされ、一連の地震は「平成28年(2016年)熊本地震」と名付けられた。

公表された地震情報では、14日・15日の震源域は熊本県益城町付近を中心とした地域であったが、16日以降の震源域は大分県の九重地域や別府地域にも拡大した。すなわち、九州島の中部を北東から南西方向に斜断する、「別府—島原地溝帯」の島原半島を除くほぼ全域で地震が発生したことになる。

その後数か月にわたって余震が継続し、熊本・大分の両県で発生した震度1以上の地震(いわゆる有感地震)の総数は、2016年12月31日には4209回の多きに達した(気象庁資料による)。なお、大分県では「熊本・大分地震」という呼称も使われている。これらのデータは公表されており、インターネットで検索することができるが、便宜のため、4月14・15・16日に発生した主な地震の諸元を表1に掲げた。また図1には、4月16日の本震および誘発された地震(後述)の震央位置とともに、4月14日から4月30日までに発生した地震の震央域を示した。

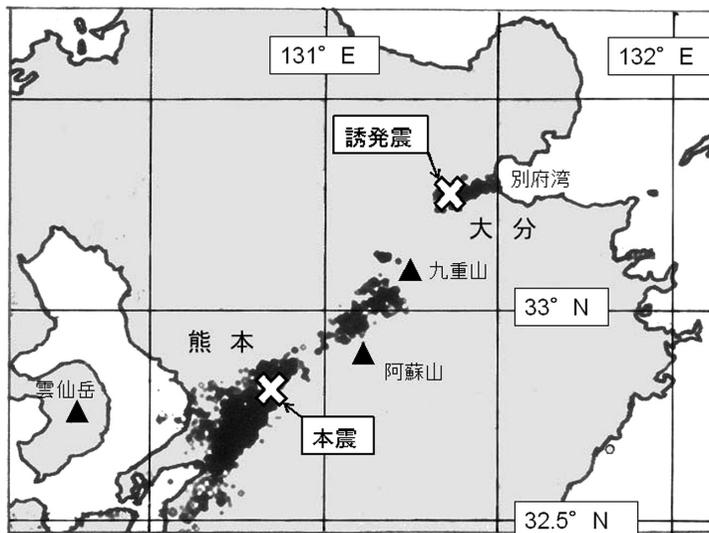


図1 2016年4月16日に発生した本震および誘発震の震央：⊗(本文参照)。図中の黒点集合域は、同年4月14日～30日における地震発生域。(気象庁資料に基づく)

表 1 2016 年 4 月 14・15・16 日に熊本・大分地域で発生した主な地震の諸元

発生日時 日. 時 : 分	震央 北緯 N, 東経 E	マグニチュード M	深さ 約 km	最大震度	別府での 震度
14. 21 : 26	熊本地方 32.7, 130.8	6.5	11	7	2
15. 00 : 03	熊本地方 32.7, 130.8	6.4	10	6 強	2
16. 01 : 25 (本震)	熊本地方 32.8, 130.8	7.3	12	7	6 弱 (注)
16. 01 : 25 (誘発震)	大分県湯布院 33.3, 131.4	5.7	12	6 弱 (注)	

誘発震：本震より約 30 秒後に発生した（本文参照）。

(注)：16 日 1 時 25 分頃の誘発震の最大震度（6 弱）と別府での震度（6 弱）は、本震と誘発震による揺れが重なったものと考えられる。

2. 大分県中部（由布市湯布院町）で発生した誘発地震

表 1 において、別府で 14 日・15 日に観測された震度は 2 程度にしか過ぎないのに対し、16 日の本震による震度が「6 弱」と異常に大きいのは、不思議である。これについては、その後の分析により、本震に誘発されて、およそ 30 秒後に別府に西接する由布市湯布院町で地震が発生したためであることが明らかにされた（宮澤，2016；気象庁，2016；別府市，2016）。以下、本文では、誘発された地震を誘発震と呼ぶことにする。これら 2 つの地震は、発生時間が近接しているため、精度よく分離できていないが、推定された誘発震の諸元を表 1 に、震央位置を図 1 に付記した。

別府—島原地溝帯の東端部に当たる別府地域では、およそ 10 年間隔で群発性の地震が繰り返し発生してきた。前回の顕著な地震は、平成 19 (2007) 年 6 月 6 日～10 日にかけて、主に別府市で発生し、震度 1 以上の有感地震は 5 日間で 63 回を数えた（当時の新聞報道による）。このような過去の例からみて、別府地域では、地殻の歪が臨界状態にあり、地震発生の条件に近づいていたと考えられる。したがって、4 月 16 日以降に別府地域で発生した地震は、誘発震の余震ともみなされる。

なお、本震に誘発された可能性のある地震は、前記の他に、本震から 800 km も離れた箱根山周辺をはじめとして、国内各地で観測されたという（宮澤，2016）。

今回の地震の詳細な内容や発生機構などについては、国や自治体をはじめとする諸組織および専門の研究者によって調査研究がなされており、大量の報告書・論文およびウェブサイトなどを閲覧できるので、これ以上は踏み込まない。専門外の筆者には踏み込む力もない。さらに、今後の調査研究を待ちたい。

3. 温泉への影響

3.1 報道された温泉への影響

別府—島原地溝帯は、これを境に九州島が南北に離れ（年速は約 1 cm 程度とされる）、この動きに伴って基盤が沈降するという、地殻変動の激しい場である。また、雲仙・阿蘇・九重・由布・鶴見—伽藍などの火山活動が活発な地域である。その活動が風光明媚な山岳・高原の景観と豊かな温泉・地熱活動をもたらしている。

これらは、この地域の重要な観光資源であるが、一連の熊本地震による最大震度7もの激しい揺れは、人的被害・建造物の倒壊・土砂災害・交通機関やライフラインの損壊など、多岐にわたる甚大な災害とともに、観光に対しても影響—風評被害をおよぼした（注1）。

しかし、温泉に対する影響については、阿蘇カルデラ内の地獄温泉（本震から東北東に約25km；注2）や内牧温泉（本震から北東に約30km；注3）の被害が報道されたものの、大分県における状況ははっきりしなかった。そこで、本誌編集委員会の示唆を受けて、別府の温泉を主対象に、一般市民に対するアンケート調査を実施した。表2に質問事項を記す。

注1：別府市の風評被害

別府市（2016）によれば、地震後の入り込み客数の前年比は、ゴールデンウィークで宿泊者数が33.1%減少、観光レジャー施設の入場者数が45.7%減少；お盆期間（8月13日～15日）で宿泊者数が4.3%減少、観光レジャー施設入場者数が13.3%の減少となった。

注2：地獄温泉（南阿蘇村）の被害

激しい揺れのため、周辺の道路が土砂崩れなどで通行不能となり、4月16日には旅館の宿泊客らが一時孤立したが、名物の「すずめの湯」などの温泉（自然湧出）に変化は無かった。しかし、6月下旬の大雨で発生した土石流の被害を受けて、休業状態にある。（2017年4月：新聞等の報道による）

注3：内牧温泉（阿蘇市）における温泉井の破損（表層部の水平ずれ）

内牧温泉では、4月16日の本震の後、揚湯不能となった温泉井が続出した。それらは温泉域の中心部に集中していたが、他方、北西部では自噴し始めた井戸が現れた（やや温いものもあったという）。

揚湯不能の原因は、揚湯管の破損である（深さ50m 辺りで折れ曲がった）。九州大学の研究グループは、人工衛星データを用いて地表面の動きを分析し、揚湯管屈曲の原因は、温泉域の地下約50m 深付近の層が地震動によって液状化し、表層部の直径2kmほどのブロックが北西方向に水平に1m 以上ずれたことによると結論した。また、北西部での自噴現象は、この水平ずれのため北西部の地下水層が圧縮されて水圧が上昇した、として説明されている。なお、同グループは、地下の温泉源に変化は無いとしている（九州大学、2017）。

表2 アンケートの質問事項

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 「2016年4月16日1時25分頃の地震」に遭遇した場所。 2. 「揺れ」の程度。 3. 「事故」の有無・程度。 <p><以下、温泉について></p> <ol style="list-style-type: none"> 4. 「温泉がある場所」, 「温泉名」 5. 「温度の変化」の有無, あれば「変化の度合」 6. 「色の変化」の有無, あれば「色とその度合」 7. 「湯量の変化」の有無, あれば「変化の度合」 8. 「温泉施設の損傷」の有無, あれば「損傷の度合」 9. 「その他, 感じたこと」 |
|---|

3.2 アンケート調査：一般市民が感じた地震と温泉への影響

先に述べた「地獄温泉」と「内牧温泉」の例は、本震による地震動がもたらした災害である。それに対し、筆者が実施したアンケート調査は、結果的に、由布市湯布院町で発生した誘発震を主対象としたものになった。

表 2 の質問事項を記したアンケート用紙は、各種の集会、また、筆者が所属する NPO 法人別府温泉地球博物館のウェブサイトなどを通して配布され、総計 267 通の回答が寄せられた。そのうちの 122 通に温泉のことが記載されていた。それらについて、回答者が当該地震に出会った場所で分類した内訳を表 3 の第 2 行目に示した。大分県外からの回答は本震に関連したもので、大分県内からの大部分の回答は誘発震に関連したものである。表 3 の第 3 行目には、取り上げられた（記載された）温泉の数を記した。総計が 111 なのは、複数の回答者が記している温泉は 1 と数えたからである。

以下では、まず、地域毎での揺れ方に対する感想をごく簡単に紹介し、次いで、温泉への影響を述べる。

3.2.1 揺れ方について

【大分県外】

- (1) 関東圏、沖縄県からは、いずれも「揺れには気付かなかった」という回答であった。
- (2) 山口県（宇部市）では、ごく弱い揺れが感じられたようである。
- (3) 九州からは佐賀県と福岡県から回答があった。強い揺れや大きな揺れを感じた人が多かったが、ごく弱い揺れの所もあったようである。これらは、本震による揺れと思われる。

【大分県内】

- (1) 大分県の北部（中津市・宇佐市）、西部（日田市）、南部（臼杵市・津久見市・佐伯市）では、場所による違いが大きく、恐怖を感じるほどに揺れた所もあれば、ごく弱い揺れの所もあったようである。なお、この地域では、4 月 14 日午後 9 時半頃の、本震の近くで発生した最初の地震のときもかなりの揺れがあったことからみて、揺れの主要部分は大震による揺れであったと思われる。
- (2) 別府市の北隣に位置する日出町と杵築市では、強い揺れのため恐怖を感じた人もいた一方で、ごく弱い揺れの所もあり、地域性が見られた。この地域では、4 月 14 日の地震による揺れは弱かったことからみて、誘発震による揺れであったと思われる。
- (3) 大分市では全域にわたってかなり強く揺れた。恐怖を覚えた人もいたようである。ところが、その揺れ方の記述には、「大きく長い揺れ」・「激しい揺れ」・「短時間の強い揺れ」などがあり、複雑である。地域による地盤の違いとともに、遠地の本震と近地の誘発震の両者の揺れが混じり合ったとも考えられる。
- (4) 別府市と由布市の揺れは激しく、「経験のない揺れ」・「恐怖どころではない揺れ」・「生命の危険を感じた」と表現した人もいるほどであった。本震前の 4 月 14 日の地震の揺れが弱かったことからみて、誘発震による揺れであったと結論してよいであろう。別府では、特に、市北部

表 3 回答数の集計

区域	別府市	由布市	大分市	大分県他	大分県外	合計
回答者居所	140	8	66	26	21	261
温泉記載数	93	4	5	2	7	111

回答者居所：2016 年 4 月 16 日未明の本震（誘発震）発生時に回答者が居た所

温泉記載数（記された温泉の数）：回答者が記載した温泉数で、居所とは無関係

の地獄地帯（高温の温泉が集中）を東西に横切る断層帯に沿って、揺れが激しく、ブロック塀の倒壊、屋根瓦の落下、建物外壁・内壁のひび割れなどの被害が続出した。ただし、地域性もあり、ごくわずかな揺れだった所もあった。

3.2.2 温泉への影響について

以下での「変化無し」は、「温度・色・湯量の3要素が不変」の意味である。

【大分県外】

- (1) 大分県外の7温泉のうち、蔵王温泉（山形県）・草津温泉（長野県）・持世寺温泉（山口県）・福津市の温泉（福岡県）・武雄温泉（佐賀県）・嬉野温泉（佐賀県）：「変化無し」。
- (2) 下諏訪温泉（長野県）については、「地震後に温度が上昇したと聞いた」という伝聞の情報が寄せられた。

【大分県内】

- (1) 「大分県他」の2温泉（宇佐市と日田市）：「変化無し」
- (2) 「大分市」の5温泉：「変化無し」
- (3) 「由布市」の4温泉：「変化無し」1, 「湯量やや減, 温度と色不変」1, 「揚湯不能」2（揚湯管の破損と思われる）。
- (4) 「別府市」では別府市全域をカバーする93カ所の温泉について情報が寄せられた。その結果は、表4に取りまとめた。
 - ① 先ず、93カ所の温泉のうち、約70%に当たる63カ所では、風呂場の内壁などが損傷したところがあったものの、温泉そのものは「変化無し」であった。
 - ② 次に、数カ所から温度の低下が報告されたが、いずれも、ごくわずかで、数日後には復旧したようである。
 - ③ 報告数が多い現象は、色の変化—白色や茶色などの濁りであるが、数日～1週間のうちに元に戻っている。これまでの経験から、揚湯管や送湯管の内壁に付着した温泉沈殿物（湯あか）が震動のためにはく離れたものと思われる。ただし、1月半続いたという例が1件あった。これについては、地下温泉水の濁り（温泉帯水層からの微粒の土）などが関わっていたのかもしれない。
 - ④ 最後に、3要素が変化した2例について述べる。

一つ目は、「別府湯の花」の製造で知られる明礬地域の自然湧出泉である。2人の回答者から「温度が低下し、色が薄くなり、量が少し増えた」という、ほぼ同じ内容の情報が寄せられた。明礬地域は自然噴気地であり、やや白濁しているこの温泉は、表層水が自然噴気で加熱されて生じたものと解釈される。生じた変化は、誘発震の激しい揺れによって、低温の表層水の流れが変化し、温泉系へ流入したためではないかと思われる。

表4 別府の温泉（93カ所）における「温度・色・量」の変化

変化の様子	温泉数	備考
温度・色・量に変化無し	63	
温度低下, 他は不変	1	「気がする」程度のわずかな低下
色に変化, 他は不変	21	白色・茶色などの濁り
温度低下, 色変化, 量不変	1	ややぬるめ, 濁ったが2・3日で回復
温度・色・量の3者が変化	2	本文に記す。
変化不明	5	「変化は分からない」という内容の回答

二つ目は、JR 別府駅の北方 800m ほどの海岸に近い所にある掘削井（エアリフト揚湯）である。「白く濁り、温度が少し下がり、量は少し減ったように感じた」という観察が寄せられた。白濁の理由は上記③と同じであろう。低温と減量の理由は、一時的にエアリフト機能が低下して、揚湯量が減り、そのため温度も低下したのではなかろうか。揚湯量と泉温が連動することは、よく知られた現象である。

4. ま と め

2016 年 4 月 14 日以降の熊本地震において、4 月 16 日午前 1 時 25 分頃に発生した「本震」と約 30 秒後に誘発された大分県中部の「誘発震」による激しい揺れは、熊本県と大分県の各地にさまざまな災害をもたらした。温泉もその害を被ったが、それらは土砂崩れなどによる道路災害や土地の水平移動による揚湯管の損傷などによる事故で、温泉系そのものが影響を受けた形跡は認められていない。本報告のアンケート調査においても、別府の温泉に対する直接的な影響は、湯の濁り（揚湯管などの内壁に付着した沈殿物のはく離によると思われる）程度の軽微なものであったことが示された。

謝 辞

本報告を草することができたのは、別府市をはじめとする一般市民の方々、別府温泉地球博物館会員諸氏、温泉マイスター諸氏のご協力のたまものである。記して、深謝申し上げます。

引用文献

- 気象庁 (2016) : 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」について (第 38 報) (報道発表資料).
- 九州大学 (2017) : 阿蘇・内牧温泉が、本地震で一時的に止まった理由が初めて明らかに (地下で生じた水平滑りが原因、泉源には影響ないことが判明)、九州大学ホームページ.
- 別府市 (2016) : 平成 28 年熊本地震の記録 (第 1 次報告) —震災からの創造的復興をめざして—, 57 p.
- 宮澤理稔 (2016) : 2016 熊本地震に関連する研究, 京都大学防災研究所ホームページ.