

報 告

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震に伴う
いくつかの温泉の変化

大塚晃弘¹⁾, 高橋孝行¹⁾, 益子 保¹⁾

(平成 24 年 1 月 31 日, 平成 24 年 2 月 15 日受理)

Changes in Several Hot Spring Activities Associated with
the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

Akihiro OHTSUKA¹⁾, Takayuki TAKAHASHI¹⁾ and Tamotsu MASHIKO¹⁾

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分, 三陸沖を震源とする「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」マグニチュード (M) 9.0 が発生した。震源は, 北緯 38 度 6 分, 東経 142 度 52 分, 深さ 24 km であり, この地震による最大震度は宮城県栗原市で震度 7, 宮城県・福島県・茨城県・栃木県の各県で震度 6 強と広い範囲で揺れが観測され, さらに太平洋沿岸部を巨大な津波が襲った。地震発生後には, 東日本の広い範囲で余震が続いているほか, 温泉にも変化が観測されている。ここでは当研究所でモニタリングをしていたいくつかの温泉地とモニタリング記録を提供いただいた温泉地 (図 1) において地震後に観測された温泉の変化について報告する。

2. 東北地方太平洋沖地震に伴う温泉の変化

地震後に明瞭な変化があらわれた温泉は以下のとおりであり, その概況を述べる。

a) 山梨県: 下部温泉

震央からの距離: 約 470 km

○源泉館源泉 (図 2)

- ・源泉形態: 自然湧出泉, 岩盤を掘り込んだ源泉がそのまま低温利用の浴槽となっている。
- ・地質: 主に凝灰質砂岩と泥岩の互層である。源泉はこれら地層を数 m 掘り込んで浴槽を作って利用している。
- ・観測項目: 水温, 静水位, 電気伝導率, 観測頻度: 1 回/1 時間
- ・確認された現象: 水位は浴槽底から水面までの上方への高さを計測している。毎日, 周期的に

¹⁾財団法人中央温泉研究所 〒171-0033 東京都豊島区高田 3-42-10. ¹⁾Hot Spring Research Center, Tkada, 3-42-10, Toshimaku, Tokyo 171-0033, Japan.

生じる水位低下と水温上昇の脈動については源泉浴槽の掃除により人為的に水位を下げるためである。降水量の影響を受けやすい源泉であるので、気象庁の山梨県身延町切石観測点の降水量の変化を図 3 に併せて示した(気象庁, 2011)。本源泉では, 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分の東北地方太平洋沖地震発生直後から水温が約 1.5℃ 上昇し, 水位が約 0.04m 上昇した。電気伝導率については地震発生後から緩やかに上昇をはじめ, およそ 20 日間かけて約 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ から約 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ にまで上昇している。なお, 2011 年 3 月 15 日 22 時 31 分の静岡県東部地震による変化は認められない。

○しもべ奥の湯高温源泉 (図 4)

- ・源泉形態：掘削揚湯泉, 掘削深度 1500m, 揚湯利用 (水中ポンプインバータ制御)
- ・地質：深度 800~1500m の砂岩泥岩互層 (凝灰岩層挟む) より採取
- ・観測項目：水温, 動水位, 揚湯量, 観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は地上基準点 (ケーシングトップ) から水面までの下方への距離を測定している。源泉における周期的な水位変動は, 水中ポンプのインバータ制御によるものである。地震発生直後から 5 時間かけて動水位が約 8m 上昇した。水温や揚湯量に変化はない。その後は, 水位低下傾向を示し,



図 1 調査源泉位置図。

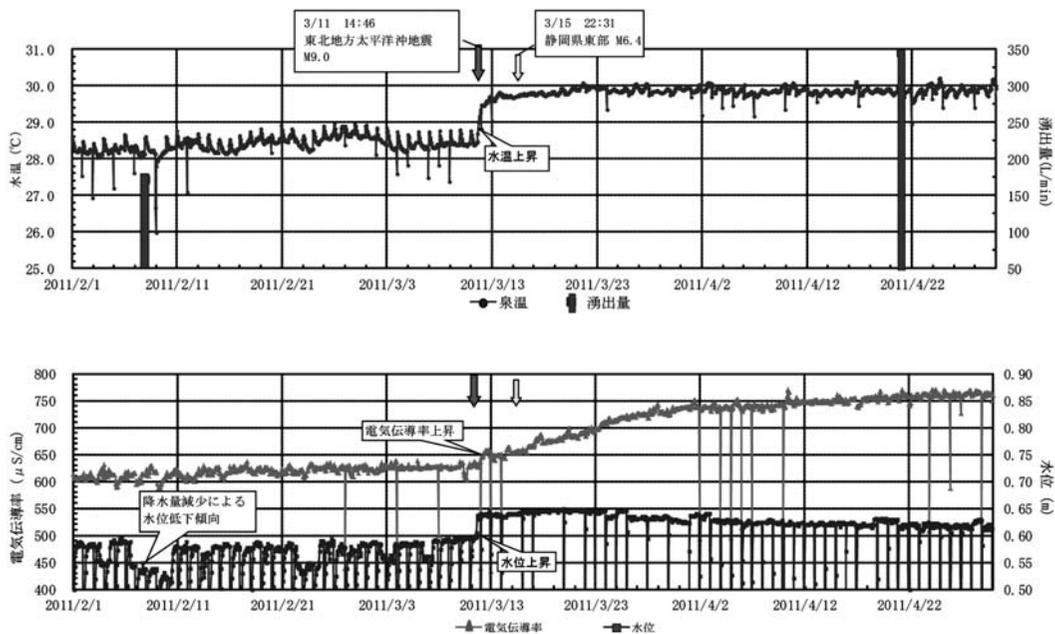


図 2 地震前後における下部温泉源泉館の湧出状況。

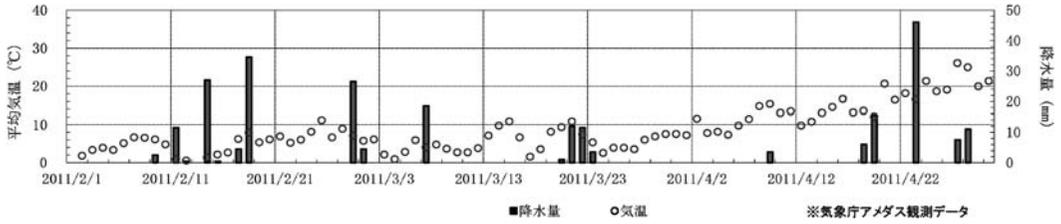


図 3 山梨県身延町切石観測点における降水量と気温の変化 (気象庁, 2011).

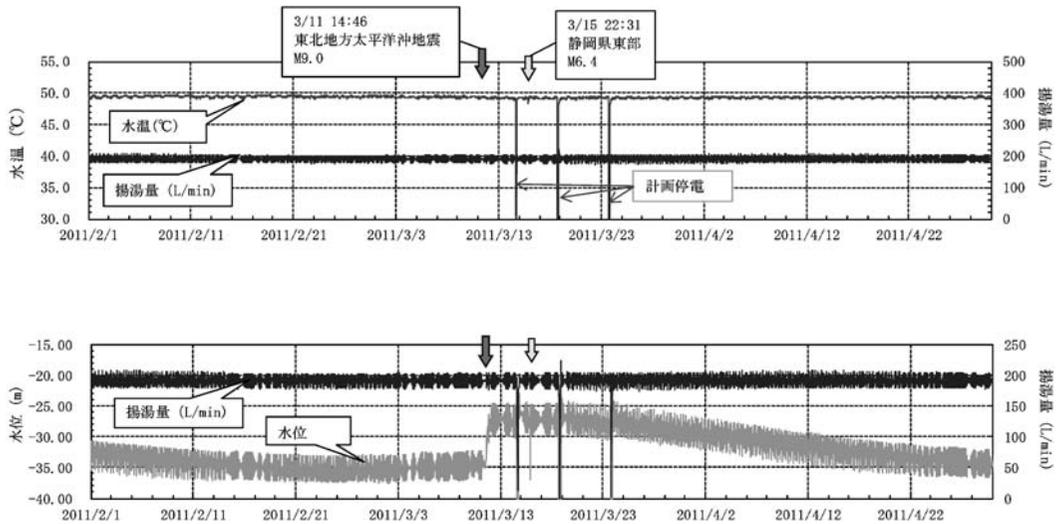


図 4 地震前後におけるしもべ奥の湯高温源泉の湧出状況.

2ヶ月ほど経過すると本震発生以前の水位に戻っている。2011年3月15日22時31分の静岡県東部地震による反応は認められない。

b) 栃木県：A 温泉

震源からの距離：約 280 km

○A1 源泉 (図5)

- ・ 源泉形態：掘削揚湯泉, 掘削深度 1400 m, 揚湯利用 (水中ポンプ)
- ・ 地質：A 温泉地区では凝灰角礫岩類と石英斑岩が分布している。
- ・ 観測項目：動水位, 観測頻度：1 回/1 日

- ・ 確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している。地震発生後に水位が上昇した。水位は深度 -160 m から地震発生の翌日には -144 m まで上昇し、一週間ほど水位上昇傾向が続いた。最終的には最高で深度 -132 m 付近に達し、+28 m の水位上昇

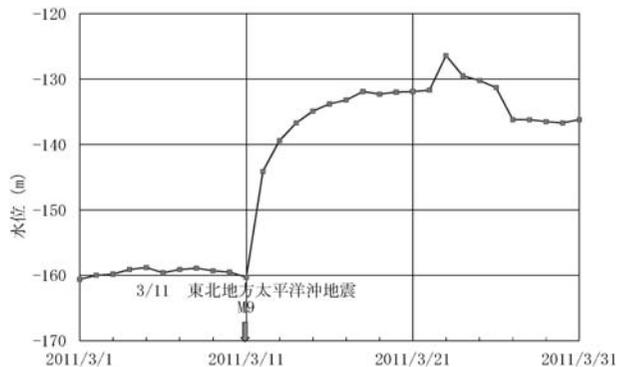


図 5 地震前後における A1 源泉の水位変化.

をもたらした。なお、観測期間中、本源泉の揚湯量は人為的に変化をさせていない。

c) 栃木県：B 温泉 (図 6)

震源からの距離：約 280 km

河川沿いに 4 源泉が並んでいる。いずれも垂直方向への掘削は数 m 程度であり、湧出した温泉を湯溜まりに溜めて、そこからポンプで施設まで揚湯し利用している。各源泉の観測結果には、地震発生後の水位上昇と 2011 年 3 月 17 日、2011 年 3 月 23 日の計画停電による揚湯停止による水位上昇が確認できる。

○B1 源泉

- ・源泉形態：掘削自噴
- ・地質：デイサイト質～流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩中に発達した割れ目から湧出。
- ・観測項目：水温、動水位、電気伝導率、観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している。水位が地震発生後に約 0.1 m 上昇した。水温が約 1℃、電気伝導率が約 $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ 低下したが、その後回復している。なお、地震発生直後のみ、電気伝導率の低下を伴い水位が一時的に約 0.3 m 上昇している。

○B2 源泉

- ・源泉形態：掘削自噴
- ・地質：デイサイト質～流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩中に発達した割れ目から湧出。
- ・観測項目：水温、水位、電気伝導率、観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している。水位が地震発生後に約 0.4 m 上昇したが、水温と電気伝導率については変化がみられなかった。

○B3 源泉

- ・源泉形態：掘削自噴
- ・地質：デイサイト質～流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩中に発達した割れ目から湧出。
- ・観測項目：水温、水位、電気伝導率、観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している。水位が地震発生後に約 0.4 m 上昇したが、水温と電気伝導率については変化がみられなかった。

○B4 源泉

- ・源泉形態：掘削自噴
- ・地質：デイサイト質～流紋岩質凝灰岩・凝灰角礫岩中に発達した割れ目から湧出。
- ・観測項目：水温、水位、電気伝導率、観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は源泉底部から水面までの高さを測定している。水位が地震発生後に約 0.01～0.015 m のごく僅かな上昇に留まったが、これは本源泉のみ湯溜まりが広範囲に及ぶため湧出量 (自噴圧) の変化が、水位変動として現れにくいためである。水温は 0.5℃ほど低下している。電気伝導率については一時的に約 $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ 低下したが、その後は回復傾向を示している。

d) 愛媛県：C 温泉 (図 7)

震源からの距離：約 990 km

C4、C12 共に 0.4 m の水位上昇が確認された。

○C4 源泉

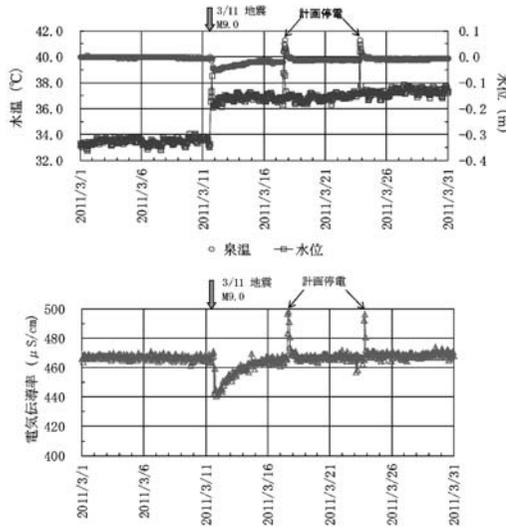


図 6-1 地震前後における B1 源泉の水位変化.

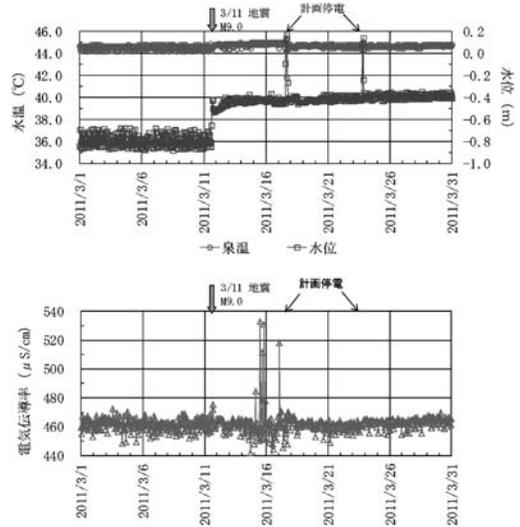


図 6-2 地震前後における B2 源泉の水位変化.

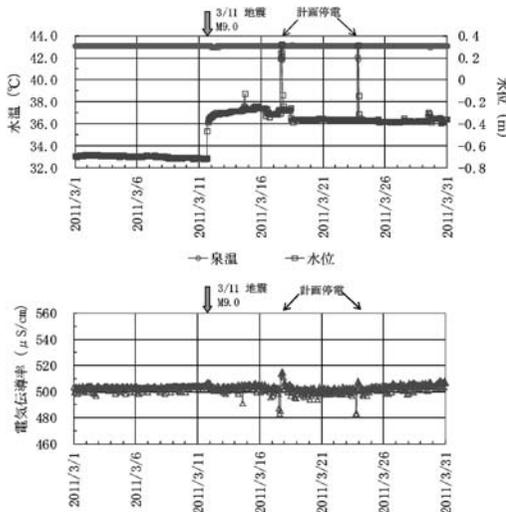


図 6-3 地震前後における B3 源泉の水位変化.

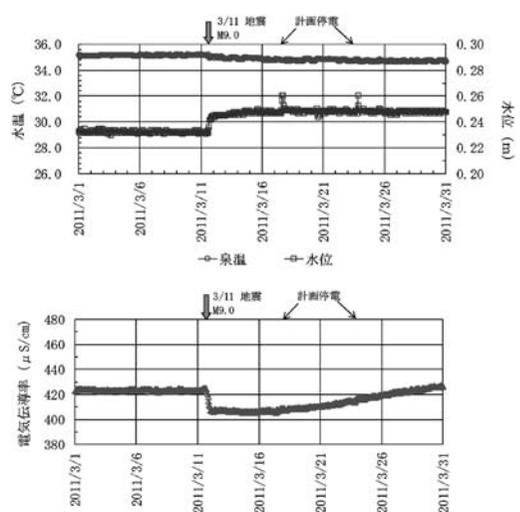


図 6-4 地震前後における B4 源泉の水位変化.

- ・源泉形態：掘削泉（利用休止中），掘削深度 198.5m
- ・地質：花崗岩中に発達した断層破砕部より湧出
- ・観測項目：静水位，観測頻度：1 回/1 時間（計測値を日平均値に集計し表記）
- ・確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している．地震発生の翌日に水位が約 0.41 m 上昇した．

○C12 源泉

- ・掘削泉（利用休止中）：掘削深度 501 m
- ・地質：花崗岩中に発達した断層破砕部より湧出

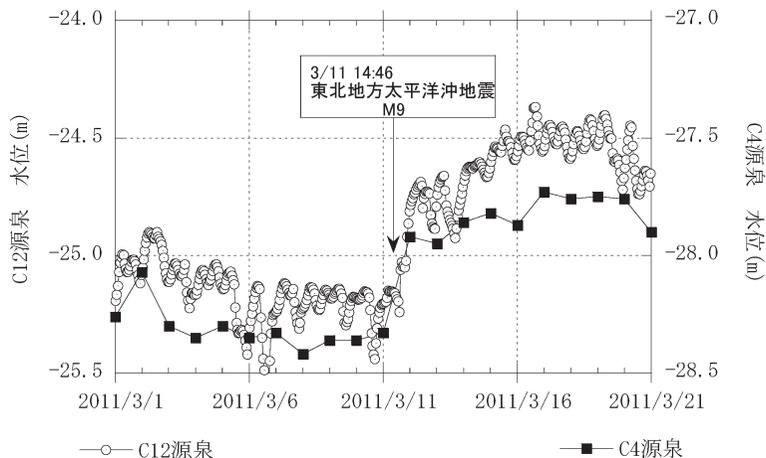


図 7 C 温泉休止源泉の水位変化図.

- ・観測項目：静水位，観測頻度：1 回/1 時間
- ・確認された現象：水位は地上基準点から水面までの下方への距離を測定している．毎日の水位の周期的変動は，周辺源泉の揚湯量変動による影響である．2011 年 3 月 11 日地震発生後に水位が上昇し，同日の 23 時 30 分には 0.43 m 水位が上昇する結果となった．

3. 考 察

いずれの温泉地も震源地からは距離が離れているが，その変化は 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の直後に発生していることは共通しており，1,000 km 近く離れた温泉にまで影響を及ぼしたことが考えられる．その後の余震による明確な変動は確認されていない．上記のような水位上昇の原因としては，地震動で温泉湧出流路となる断層や岩盤の亀裂が開いたこと（温泉湧出層の透水性の変化），温泉湧出流路の沈殿物（粘土や温泉沈殿物）が長時間の地震動によって排出されたことなどが考えられる．これはいくつかの源泉において地震発生後に温泉水に濁りが発生したという事実からも説明できる．

なお，下部温泉や B 温泉のように同じ温泉地内での源泉間においても影響の現れ方が異なる場合もある．これは温泉の湧出深度や湧出形態，源泉構造などの違いや地質構造の違いにより地震による影響の現れ方にも違いが生じたものと考えられる．

過去，地震による温泉の変動は，報告されているが，これほど広範囲に大きな影響を与えた記録はなく，これら温泉湧出状況の変化がどの程度継続するのか，今後も監視を続け，地域ごとの特性については検討すべき課題であろう．

謝 辞

本報告を書くにあたって，データの公開を許可していただいた下部温泉の身延町役場下部支所，源泉館依田茂氏をはじめ，各温泉関係者の皆様に感謝いたします．

引用文献

気象庁ホームページ (2011) : <http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>