

平成10年6月

原 著

塩原温泉地域の泉温変化と地質との関係

千葉大学教育学部地学教室

山崎良雄

(平成9年11月5日受付, 平成10年4月4日受理)

Relationship between Changes in Hot Spring Water's Temperature and the Geology of Shiobara Area

Yoshio YAMAZAKI

Division of Earth Science, Faculty of Education, Chiba University

Abstract

At Shiobara Hot Spring in Tochigi Prefecture no long term continuous survey was made systematically on temperature change of the hot spring water, although the hot water temperature was measured on an irregular basis so far. Among the areas where hot spring water gushes out in Shiobara Basin, The author selected some geologically characteristic places to observe temperature changes for a long period. After analyzing and studying of such temperature survey as well as topographical and geological survey, the relationship between temperature change in hot spring water and geology in the Shiobara Basin is summarized as follows:

At Shiogama Hot Spring, high temperature hot water gushes out from cracks in green tuff and runs over the ground surface. The hot spring water temperature drops drastically by the rain falls as it can easily mixed with rain water. At Kami-shiobara hot Spring, the area is covered with the paleo-lake deposits so that rain water affects the base rock very little, resulting rarely in a temperature drop.

At a result of the survey which included for the first time the long term study of hot spring water temperature change, it was proved that hot spring water temperature change closely relates the geological distribution, and also the cycle of temperature change differs between areas with different geological distributions.

Key words : temperature change, paleo-lake deposits, Shiobara, geology, green tuff
キーワード : 温度変化, 湖成堆積物, 塩原, 地質, 緑色凝灰岩

1. はじめに

栃木県塩原温泉では、従来から不定期に温泉の温度測定が行われることはあっても、系統的に長期間連続して温泉水の温度変化を観測した例は無かった。著者は、塩原盆地の地質学的に特徴のある地域に湧出する温泉を選定して長期温度変化を観測した。塩原盆地における温泉泉温と地質との関係を、地形・地質調査や温泉水の泉温測定などから解析・考察した。

2. 塩原地域の自然環境

箒川は東西数キロの長さの半月形をした塩原盆地を西から東へと流れ、その流域には数段の河岸段丘が存在する。各段丘面では、塩原層群(塩原湖成堆積物)の砂泥互層が箒川の運搬した砂礫で覆われている。小滝、中山、白戸、幕岩付近の箒川北岸の段丘面は、さらに北側にある石英ハン岩(先第三系)や緑色凝灰岩、流紋岩などの第三系基盤岩で境されている。引久保、堂本、田代、畑下付近の箒川南岸の段丘面は、その南側を、急な斜面の溶岩台地によって境されている。塩原層群(第四系)は下部より須巻層、宮島層、赤川層に分けられる。塩原盆地周辺に露出する地層の層序をTable 1に示す¹⁾。

2.1 塩原盆地の地形と地質

塩原盆地は、北東を弥太郎山(1392m)、南東を榊形山、南を前黒山(1678m)及び富士山(1184m)などの山地に囲まれた山間盆地である。盆地北部の山地は、シラン沢石英ハン岩、福渡層、鹿股沢層、小滝流紋岩などで構成されている。盆地南部には周辺を急な崖で囲まれた溶岩台地が広がっている²⁾。塩原盆地の地形概観をFig.1に示す。塩原盆地の中央部付近に露出する塩原層群は湖成堆積物であり、盆地の中央へ向かって緩く傾斜している。盆地中央を東西に流れる箒川は、この平坦地を解析して4段の段丘面を形成している。今回泉温データを収集した地域には、塩原層群と福渡層及び富士山溶岩が露出している³⁾。調査地域の地質をFig.2に示す。

- ・福渡層：福渡層は塩原盆地東部一帯に広く分布する第三紀層で、石英ハン岩を不整合に覆い、塩原層群などに不整合に覆われる。箒川沿いの塩釜・福渡等に露出し、緑色凝灰岩や砂質緑色凝灰岩、角礫凝灰岩などからなる。
- ・塩原層群：塩原層群は高原火山形成の過程で生じた湖成堆積物で、砂礫層や葉理の発達した泥

Table 1 The Quaternary formations in the Shiobara Basin

Geologic Age	Formation		
Holocene	Furumachi conglomerate Sand & gravel		
	Calcareous sinter		
Pleistocene	Loam		
	Terrace gravel Talus deposit		
	Shiobara group	Akagawa f.	
		Miyajima f.	
Nakashiohara volcanic breccia			
Sumaki f.			
Pre-Pleistocene	Shioya group		
	Shiranzawa quartz-porphry		

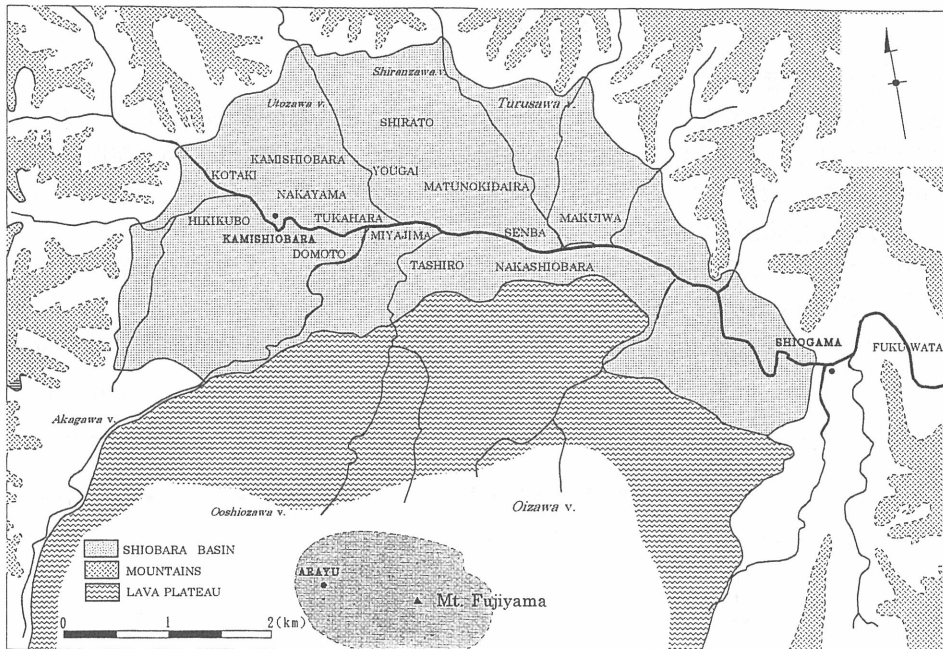


Fig. 1 Topographic map of the Shiobara Basin

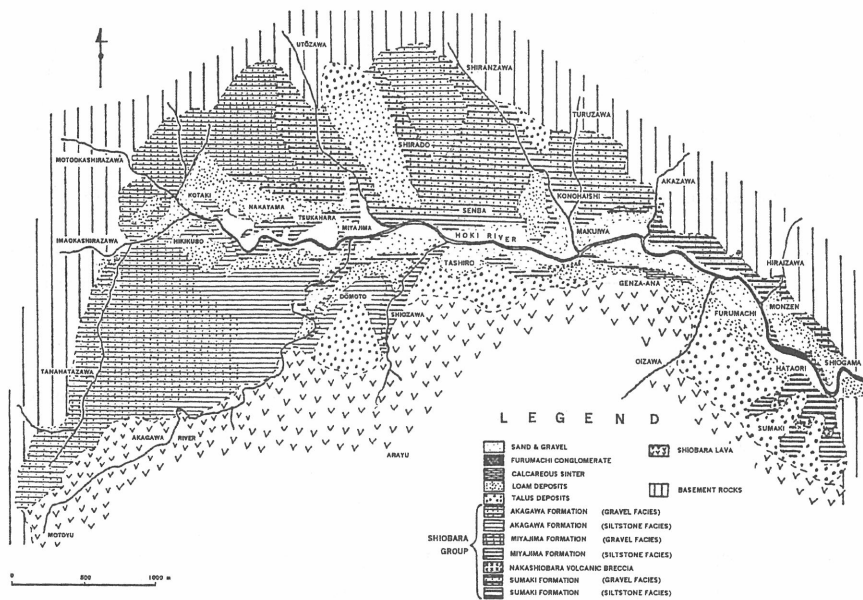


Fig. 2 Geologic map of the Shiobara Basin

層、砂泥互層、火山角礫岩層などからなる。「木の葉石」と呼ばれる植物化石を産することで知られている⁴⁾。

- ・富士山溶岩：塩原盆地の南には、高原山から流れ出た安山岩質の溶岩が台地を作っている。この溶岩台地は、赤川等に解析されているが、まだ急峻な崖が残されている。この溶岩台地の上に噴出した富士山を作っているのが両輝石安山岩と角閃石紫蘇輝石安山岩質の富士山溶岩である。

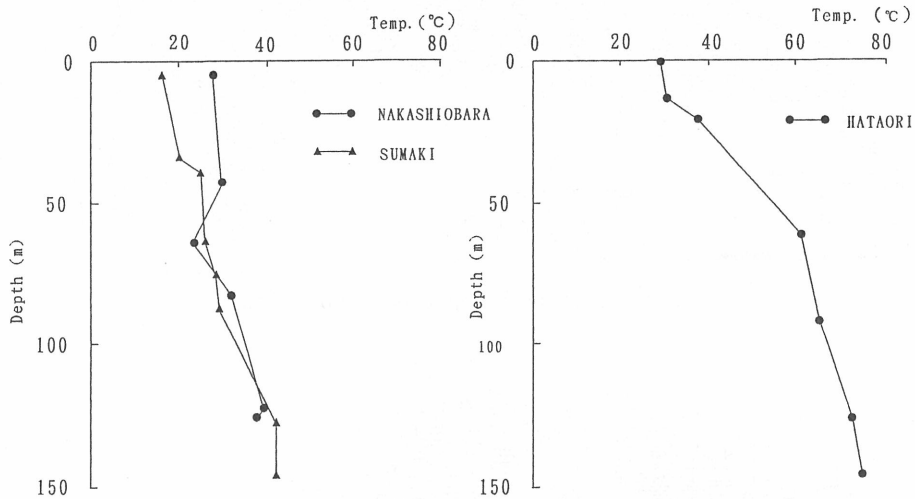
3. 温泉の温度測定

3.1 地層と温泉の温度

塩原地域の温泉水の特徴を調べるためにボーリングに伴う報告書や資料の検討を行った。長期にわたって使用されている温泉井戸の温度は揚水量などの時間的な影響を受ける可能性があるので、地中の初期状態をあらわしていると思われる掘削時のデータを比較することにしたのである。

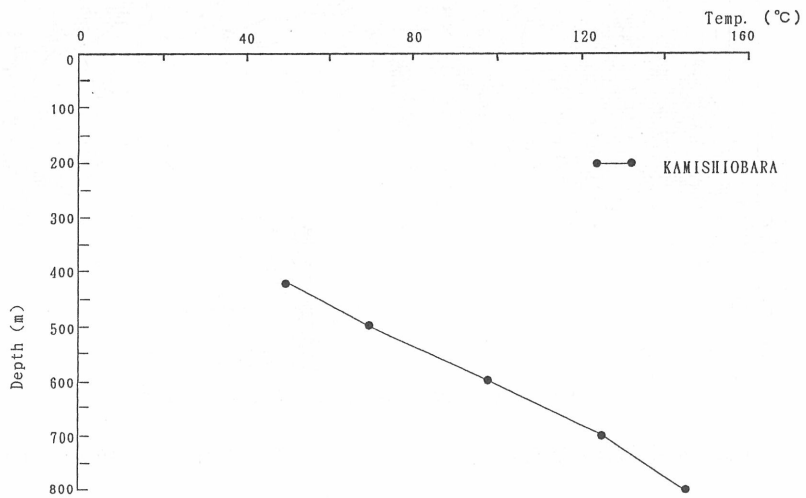
検討した資料は塩原地域のボーリングデータで昭和30～40年代に掘削されたものである。掘削地とボーリング資料から地層が識別できるもので調査時の温度データを検索した結果、温度がよく測定されているものを選んだ。その中から5地点を次に示す。

・福渡：昭和44年に福渡層分布地域中に200mまで掘られた。地下40mまでは砂礫層があり、そ



A. Hot water from the Shiobara group

B. Hot water from basement rocks



C. Hot water under the Shiobara group

Fig. 3 Three change patterns in hot spring water's temperature

の下に緑色凝灰岩が地下200mまで確認されている。地下100mくらいまでは40℃台であるが、次第に温度が上昇し、200mになると50℃を越える。

- ・畑下：昭和42年に基盤岩中に150mまで掘られた。地下5.5mまでは砂礫層で、その下には閃緑岩や石英ハン岩が続く。地表付近では40℃以下であるが、数10m以深では60℃を越える。
- ・須巻：昭和44年に須巻層中に160mまで掘られた。6.3m以深は塩原層群の須巻層が分布し、地下100mまで続いている。そこまでは30℃台であるが、100m以深は流紋岩を伴う緑色凝灰岩に達し、40℃を越えるようになる。
- ・中塩原：昭和37年に塩原層群宮島層の分布する中塩原で箒川の北岸に125mまで掘られた。地下121mまで砂泥互層が続き水温40℃前後であるが、それ以深に安山岩が出現し水温は45℃位になる。
- ・上塩原：昭和37年代の上塩原は現在のような温泉開発はなされていなかった。昭和52年に800mまで掘られ、温泉開発が進んだ。地下約300mまで塩原層群が堆積し、320mから安山岩、流紋岩、緑色凝灰岩などが存在する。塩原層群より下の深さ420mにある流紋岩の部位で50℃、深度500mの安山岩付近で70℃、深さ580mの安山岩付近で98℃であった。長期温度測定を行った井戸である。
- ・塩釜と新湯に関しては、温度測定を行った付近におけるボーリング時の温度測定結果は得られなかったが、周辺の地質を説明する。
- ・塩釜：福渡層とよばれる硬く固結した新第三紀の緑色凝灰岩が基盤岩をなしており、箒川に沿って露出しているが、おおよそ南北方向に発達した断層や節理もみられる。
- ・新湯：高原火山北麓にできた寄生火山である富士山の西側に発達した旧爆裂火口の底部に新湯温泉があり、安山岩質の溶岩や集塊岩が露出している。火山ガスも噴き出しており、かつてはイオウを採集していた。

3.2 測定点の設定と泉温測定

緑色凝灰岩が分布する塩釜温泉と、湖成層として知られる塩原層群が分布する上塩原温泉の2カ所に観測点をもうけた。そして、富士山溶岩の間から湧出する新湯温泉にも第3番目の観測点を設定した。著者が自作して使用したモート・デジタル・マルチメーター(DMM)⁵⁾には次のような特徴がある。

- ①データの収集が容易かつ確実：パソコンによる制御で指定された時間ごとにデータを記録することが可能である。ここでは基本的に30分ごとのデータを採集した。
- ②データの加工が可能：サーミスタ抵抗値から温度計算、複雑な数値変換が可能である。
- ③回路の簡略化ができる：表示をパソコンで行うことにより、表示回路を制御するCPUが不要となり製作コストを下げることができる。
- ④制御ソフトウェアの開発が容易：RS-232Cをコントロールできる言語であれば、いずれの言語でも制御プログラムを記述できる。
- ⑤回路校正が容易：アナログ回路部に調整回路が不要で、補正のための演算もソフトウェアで実施できる。
- ⑥消費電力が小さくバッテリー駆動が可能：消費電力は、13～40mAと極めて小さく006P型の乾電池等でも駆動できる。

4. 栃木県塩原温泉の泉温変化について

箒川沿いの塩釜と塩原盆地西部の上塩原及び盆地南部の新湯にDMMを設置し、塩原盆地の温泉水の温度変化を長期間連続観測した。以下にその調査結果を示す。

4.1 塩釜

塩釜では、緑色凝灰岩の割れ目などから50℃～70℃の温泉が湧出している。湧出直後の泉温を測定するために、温泉水をためるタンクに直結しているポンプ部に温度センサーを設置した。測定期間は94年6月19日から94年11月26日である。この期間中、8月から9月にかけて、降雨の影響により温泉の温度が低下した。

8月20日から24日の間、総計187mmの降雨があり、温泉温度はそれまでの77.25℃から最大24.8℃低下した。9月12日から16日には、総計49.5mmの降雨により温泉温度は77.21℃から最大11.25℃低下した。8月20日から24日の間の温泉水の温度変化をFig. 4に示す。塩釜の温泉水は、降雨の影響を受けておよそ1時間以内に温度低下がみられる。この期間の降水量と泉温低下の相関は-0.53であった。塩釜や福渡地域では、高温の温泉水が基盤岩の割れ目などから湧出しているために、降雨があると地表付近で希釈されて、泉温がすぐに低下するためであろう。

4.2 上塩原

上塩原では、まじま荘の温泉水をためるタンクに温度センサーを設置した。この源泉は地下800mまで掘削されているが、地表から287mまでは塩原層群の砂岩や泥岩があり、その下は緑色凝灰岩や安山岩になっている。塩原層群中の地下55m以深の部分から温泉を採集している。測定期間は95年3月25日から95年6月25日である。

5月10日から5月18日までの間、総計184mmの降雨があり、温泉温度は56.6℃から最大0.49℃低下した。6月8日から6月16日までの間には、総降水量175mmであったが、泉温は最大0.69℃の泉温低下しか見られなかった。この様子をFig. 5に示す。

降雨などの影響が直接泉温低下にはつながらないこともあって、温泉の温度変化は塩釜地域と比べると非常に小さい。

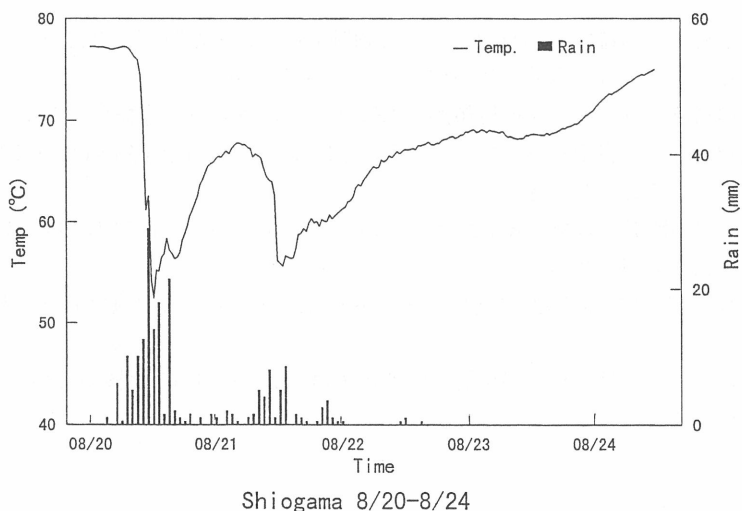


Fig. 4 Temperature change at Shioyama Hot Spring and amount of precipitation

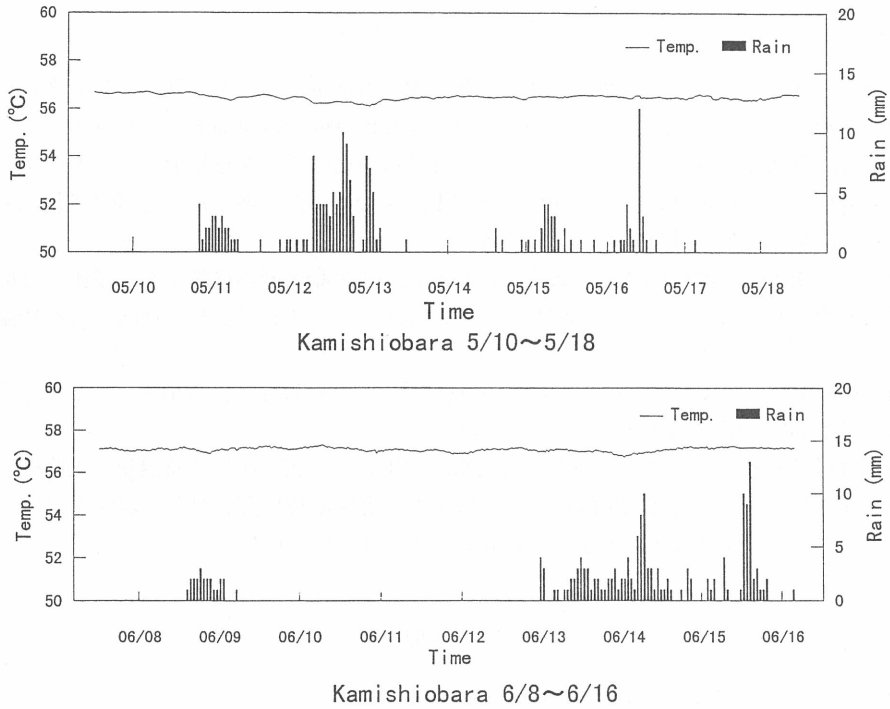


Fig. 5 Temperature change at Kami-shiobara Hot Spring and amount of precipitation

4.3 新湯

新湯では、源泉の湧出孔に近い部分に機器をセットできなかったため、新湯源泉付近の旧爆裂火口付近にある噴気孔の中で深くセンサーを挿入できる孔を調査対象にした。測定期間は95年10月14日～15日にかけてである。95℃から約96℃の高温を示した。センサーに水蒸気が吹き付けるような環境であったからである。

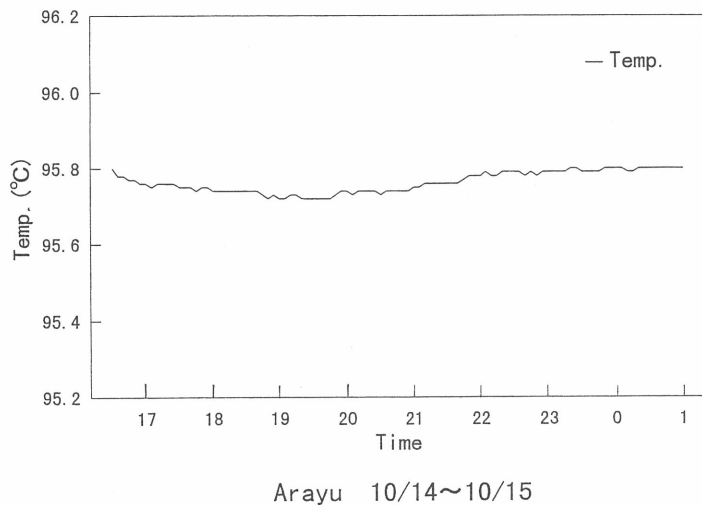


Fig. 6 Temperature change in a fumarole at Arayu Hot Spring

5. ま と め

塩原地域では初めての温泉の長期泉温調査を含む調査の結果、塩原温泉地域の泉温変化が地質分布と密接に関連すること及び、異なった地質の分布する地域間では泉温変化の周期が異なることも明らかにした。現状では各地域から一ヶ所ずつではあるが泉温データを分析し、泉温変化と降水との影響、泉温の変化の規則性について検討した結果、次の事実が判明した。今後は各地における観測データを増やすことが検討課題のひとつである。

- ・基盤岩類から湧出する温泉は高温であることが多い。緑色凝灰岩の亀裂中から湧出する塩釜温泉では、平均泉温が60℃以上の高温であり、泉温変化も±1℃以上である。降雨による泉温の低下が顕著にみられる場合も多い。

- ・塩原層群を湧出岩とする温泉は概して泉温が40℃前後であり泉温変化も小さい。上塩原温泉では降雨がある場合でも泉温はほとんど変化していない。

塩釜温泉は緑色凝灰岩の亀裂から高温の温泉水が湧出し、地表に湧出する温泉水と降雨による水とが容易に混ざり合うため大きな泉温低下につながる。塩原層群に覆われた上塩原温泉は、基盤岩へ降雨による水が影響することは少なく、泉温低下もさほど起こらない。

文 献

- 1) 山崎良雄：温泉科学, 25, 129-133, 1975.
- 2) 山崎良雄：千葉大学教育学部研究紀要, 42, 43-51, 1994.
- 3) 山崎良雄：温泉科学, 31, 119-126, 1978.
- 4) 尾上 亨：地質調査所月報, 269, 1-207, 1989.
- 5) 山崎良雄, 濱田浩美：千葉大学教育学部研究紀要, 43, 25-35, 1995.