

浅間山の火山活動の解析 (5)*

(濁川源泉の湧水温の変動について)

関 谷 溥**

551.21

An Analysis of Volcanic Activity of Mt. Asama (5 th paper) (On the Variation of Water Temperature of Nigori Mineral Spring)

H. Sekiya

(Karuzawa Weather Station)

The water temperature and pH of Nigori Mineral Spring on Mt. Asama have been periodically observed since 1949 by the staffs of the Karuzawa Weather Station.

The author investigates the secular variation of the water temperature of Nigori Mineral Spring and the relation between the soil temperature of the immutable layer neighbouring Mt. Asama and that in Japan. Its results are shown in Figs. 2-4, Figs. 7-8 and Table 2. It becomes clear the water temperature of Nigori Mineral Spring is 2.9°C higher than the soil temperature of the immutable layer of the same latitude and altitude. The correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring and the soil temperature of 5 m depth or precipitation at Oiwake, and that between the water temperature of Nigori Spring and kinetic energy of eruption of Mt. Asama are given in Tables 3-5.

It is pointed out that in most cases a raise of water temperature of Nigori Mineral Spring indicates a high probability of great eruption.

However, the relation between the water temperature of Nigori Spring and the precipitation of Oiwake is not so marked.

§ 1. ま え が き

浅間山の湧出水については、濁川、地獄谷、千ヶ滝、その他いろいろの湧水について部分的に観測されたものがあり^{1,2,3,4,5,6,7}、濁川の源泉については、岩崎岩次、野口喜三雄、西条八束、小平達郎、小坂丈予などによって水温や pH の観測、水質の分析などが特定の日時に行なわれた。また、この源泉は天明の大噴火(1783)の際は一時的に湧出が止ったとも伝えられているが、野口は、1934~1935年の観測から湧水温は気象や火山活動の変動では殆んど変化しなかったことを示した。

しかし、今までは長期間にわたる連続観測がないの

で、軽井沢測候所では1949年から湧水温や pH の定期的観測を始め現在まで10数年にわたって続けている。

この報告はこれらの観測資料にもとづいて解析を加えたものである。

§ 2. 濁川源泉の湧水温の観測

この湧水の位置は Fig. 1 で示すように浅間山の中腹、石尊山の東側の標高約1500mの所にあつて、中央前掛山に連なる沢の急斜面の西側の谷間から湧出し、この付近の沢の深さは約70mである。湧水量は浅間山の火口に近い源泉の中では最も多く、音を立てて大量に湧出している。水質は炭酸鉄質の湧泉で、湧出時は透明であるが、流出後はまもなく鉄を遊離析出し、従つて下流では濁りが甚だしく相当に黄濁状態を呈している。

* Received June 26, 1963

** 軽井沢測候所

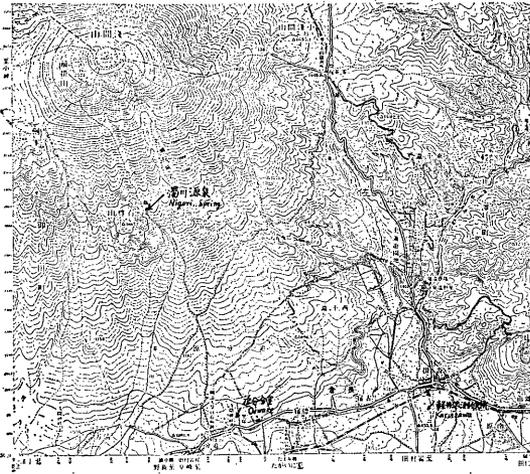


Fig. 1. Topographic map of Mt. Asama.

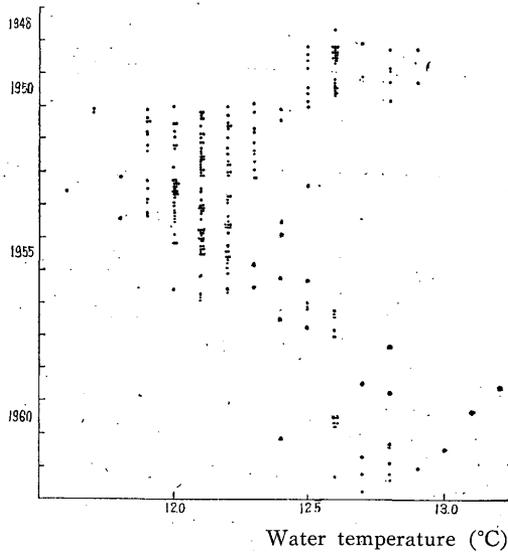


Fig. 2. Variation of water temperature of Nigori Mineral Spring.

Fig. 2 は 1949 年以後現在迄の湧水温の観測値を示したもので、年変化は認められないが約 1°C の振幅をもつ明りょうな長期変動を示している。また、Table 1 の

Table 1. Observations of water temperature of Nigori Mineral Spring by I. Iwazaki and M. Noguchi.

1933	1934			1935			
July 30 11.5°C	Aug. 7 11	Oct. 15 10.5	Apr. 26 10.5	June 1 11.6	June 12 11.3	Aug. 22 11.2	Sept. 29 11.9

岩崎、野口の 1934~1935 の観測値に比べると、最近の湧水温は約 2°C 近く上昇していることは注目すべき現象であると思われる。

§ 3. 浅間山周辺の地中温度と濁川源泉の水温

Fig. 3 は軽井沢測候所と追分分室 (Fig. 1 参照) の各深さ別の地中温度の年変化を示したものである。

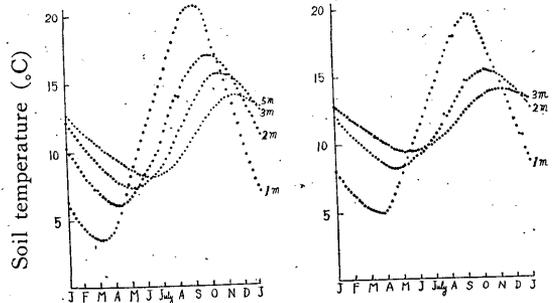


Fig. 3. Seasonal variation of soil temperature at Oiwake and Nakakaruzawa.

すでにいろいろの人の研究があるが⁸⁾、半無限個体の一次元熱伝導で地表面温度が $T_M \sim T_m$ ($T_M > T_m$) の間で、 $T = A_0 \cos(2\pi\tau/\tau_0)$ の年変化をするものとすれば、表面温度の最大振幅は $A_0 = \frac{T_M - T_m}{2}$ である。ただし τ は時間、 τ_0 は周期でこの場合は 8760 時間とする。地面よりの深さ h における温度の時間的変化は

$$\theta_h = A_0 e^{-h\alpha} \cos(2\pi \frac{\tau}{\tau_0} - h\alpha)$$

ただし $\alpha = \sqrt{\frac{\pi}{a\tau_0}}$ a : 地中の温度伝導率

深さ h における最大振幅は

$$A_h = A_0 e^{-h\alpha}$$

深さ h における温度 T_h は、地表面の平均温度を T_1 とすると $T_h = \theta_h + T_1 = \frac{T_M - T_m}{2} e^{-h\alpha} \cos(2\pi \frac{\tau}{\tau_0} - h\alpha) + \frac{T_M + T_m}{2}$ となる。

そこで、軽井沢測候所と追分分室の地中温度の累年の観測値から各深さ別の最大振幅を求めてみると; Fig. 4 と

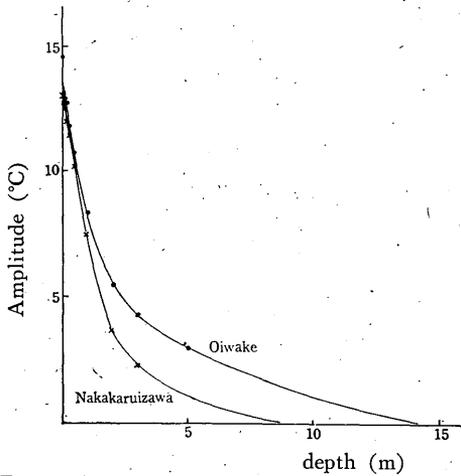


Fig. 4. Amplitude of seasonal variation of soil temperature at Oiwake and Nakakaruizawa.

なり、これらの実験式は

$$\text{追分では } A_h = 13.52e^{-0.0038h}$$

$$\text{軽井沢では } A_h = 13.34e^{-0.0059h}$$

となる。

すなわち、同じ浅間山のみもとではあるが両地点の地中温度の伝導の違いが明りょうに認められる。これは Fig. 5, Fig. 6 の両地点のボーリングによる地質調査で明らかなように、追分はかつての浅間山の大噴火のために噴出した熱雲や泥流のために堆積した火山弾や砂礫などにおおわれた土壤であり、軽井沢測候所付近の土質は、火山の噴出物も薄い層をなしてはいるが、大部分が上流から流されて長年かかって堆積した粘土質の土壤で、付近に水田があり追分とかなり違った条件をそなえているからである。

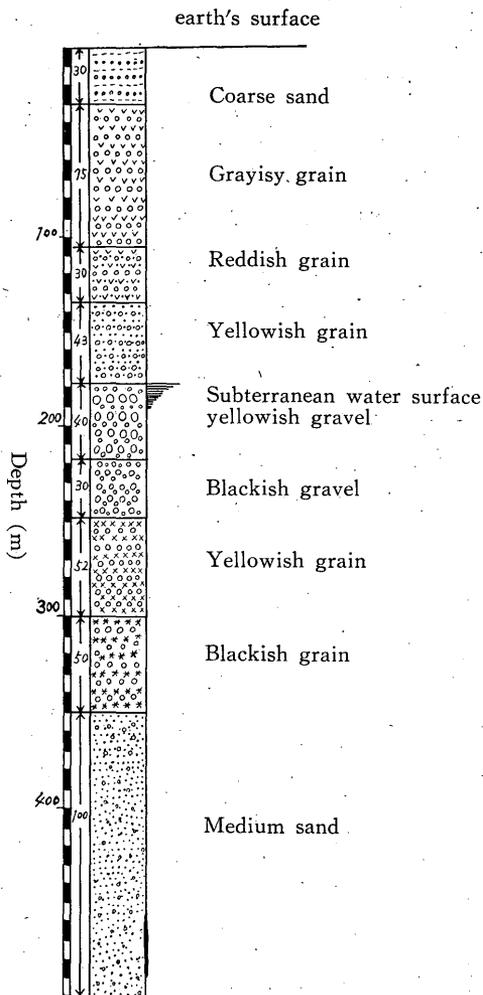


Fig. 5. Cross section of the soil at Oiwake.

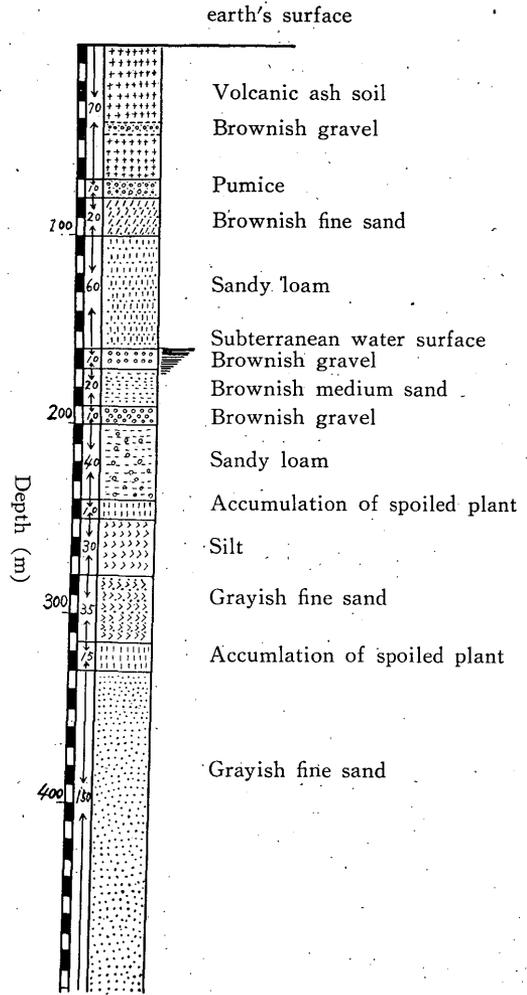


Fig. 6. Cross section of the soil at Nakakaruizawa.

Table 2. Monthly mean water temperature of Nigori Mineral Spring (1949-1957).

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Year
Mean water temp. (C°)	12.2	12.3	12.2	12.3	12.3	12.3	12.3	12.2	12.3	12.2	12.3	12.2	12.3

また、地表面の温度の年較差 $R_0=2A_0$ と、ある深さの年較差 $R_h=2A_h$ との比が 0.5% になる深さを地中温度の不易層とすると、追分では不易層が 14.2m でその温度は 11.0°C、軽井沢では 8.7m で 11.5°C となり、土壌水分の多い軽井沢の不易層の深さは追分のそれに比べて可成り浅くなっているが、不易層の温度はそれ程変わらない。

濁川源泉付近の土質は浅間山の相次ぐ噴火によって堆積した火山岩塊や火山弾、砂礫等の堆積物であり、軽井沢の土質よりも追分のそれに近い。

また、濁川源泉の湧水温の年変化は Table 2 のようにほとんど季節変化がなく、追分の不易層の地中温度よりも 1.3°C 高くなっている。そこで、これと同じ方法で気象庁の累年気象統計値から日本各地の地中温度の不易層の温度を求め、緯度や標高の違いによって不易層温度がどのように変っているかを調べてみると Fig. 7 となる。

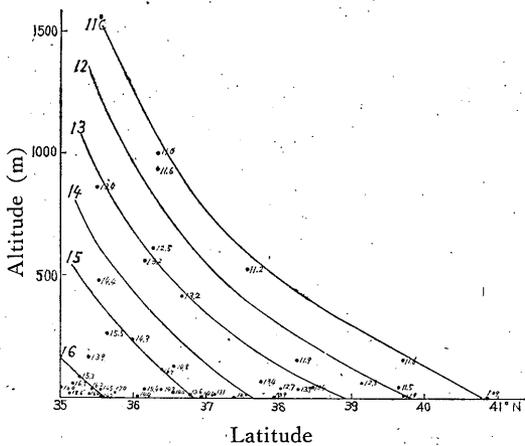


Fig. 7. Diagram showing isopleth of the soil temperature of immutable layer in Japan.

これは図から明りょうなように、その土地の土質によって多少の変動は認められるけれども、緯度や高度が高くなるに従って不易層温度は低くなっている。そして更に浅間山を中心とした緯度 20' の範囲内の本州横断面上の地温不易層の温度の高度変化を求めてみると Fig. 8

となり、日本付近の同緯度の平均状態からみると、濁川源泉付近の高度における地温不易層の温度は 9.4°C となり、濁川源泉の湧水温は同緯度同高度の地温不易層の温度に比べて $12.3-9.4=2.9$ (°C) 高くなっている。

すなわち、この値は一般には温泉地帯等に見られるような、地下の熱源のために不易層温度そのものが高くなっているか、または不易層以下の深い所から湧出しているために

$$T_H = T_C + \beta H \text{ (°C)}$$

但し T_H : 深さ H の地中温度, T_C : 不易層温度, β : 増温率, H : 地温不易層以下の深さ

のような原因で高くなっているか何れかの原因が考えられる。もっとも後者については β の値として日本の各地の平均値である $\beta=0.03\sim0.05^\circ\text{C}/\text{m}$ として深さ H を求めると、 $H=58.0\sim96.7$ m なり、湧水のある谷間の深さ約 70 m とほぼ一致した値が得られるが、しかし、これはあくまでも平均値としての値であり、Fig. 2 で示した湧水温の長期変動がここでは重要な意味もっているので、これらの原因について検討を加えてみよう。

§ 4. 濁川源泉の湧水温の長期変動とその考察

濁川源泉の湧水温は年変化を示さないから年平均値を単位として、距離的にも近く、地質的にも似ている追分分室の深さ 5 m の地中温度の年平均値との間の相関係数を求めてみると Table 3 となる。

この結果によると、濁川源泉の湧水温がある年に高くなると、その年とその翌年は追分の深さ 5 m の地中温度の年平均値が高くなるという有意な相関のあることがわかった。また、Fig. 3 によると追分の深さ 5 m の地中温度は気温の変動に比べて約 6 ヶ月位相が遅れており、濁川源泉の湧水温は同緯度同高度の不易層の地中温度よりも高いことから、Table 3 の結果は明らかに気温の変動によって起っているものでないことを示すものである。そこで同じ 1949~1960 の観測値について追分の降水量と濁川源泉の湧水温との相関係数を求めてみると Table 4 となる。

この値はいずれも危険率 1%, 5% で棄却され、降水量は濁川源泉の湧水温にほとんど影響を及ぼしていないことがわかる。

Table 3. Coefficient of correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring and the soil temperature of 5 m depth at Oiwake (1949-1960).

Coefficient of correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring of a certain year and the soil temperature of 5 m at Oiwake of the two years later.	+0.37
Coefficient of correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring of a certain year and the soil temperature of 5 m at Oiwake of the next year.	+0.82*
Coefficient of correlation for the same year	+0.78*
Coefficient of correlation between the soil temperature of 5 m at Oiwake of the preceding year and the water temperature of Nigori Mineral Spring of the year in question.	+0.39

* significant level 1 %

Table 4. Coefficient of correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring and the precipitation at Oiwake (1949-1960).

Coefficient of correlation between the total precipitation at Oiwake for a certain year and the water temperature of Nigori Mineral Spring of the next year.	+0.08
Coefficient of correlation for the same year	+0.22

Table 5. Coefficient of correlation between the water temperature of Nigori Mineral Spring and the kinetic energy of eruptions of Mt. Asama (1949-1960).

Coefficient of correlation between the kinetic energy of eruptions of a certain year and the water temperature of Nigori Mineral Spring of the preceding year.	+0.23
Coefficient of correlation for the same year	+0.23
Coefficient of correlation between the kinetic energy of eruptions of a certain year and the water temperature of Nigori Mineral Spring of the next year	+0.34
Coefficient of correlation between the kinetic energy of eruptions of a certain year and the water temperature of Nigori Mineral Spring of the year after next.	-0.07

* significant level 1 %

以上のことがわかったので、更に浅間山の噴火の機械的エネルギーの年毎の総量と濁川源泉の湧水温との相関係数を求めてみると、同じ1949~1960年の資料の間では Table 5 が得られる。

すなわち、強い噴火をしている年の濁川源泉の湧水温は平常のそれよりも高くなるという有意な相関係数が求められた。

そして1932年以後の追分の気温、深さ5mの地中温度、それにいろいろの人が観測した濁川源泉のCl量、岩崎、野口の観測も入れた湧水温、浅間山の噴火の機械的エネルギー等を比べて見ると Fig. 9 となり、追分の地中温度が長期間の変化では必ずしも気温の変化と一致しないことは、浅間山の火山活動の変化が地下水を通して山麓に影響していることが認められる。

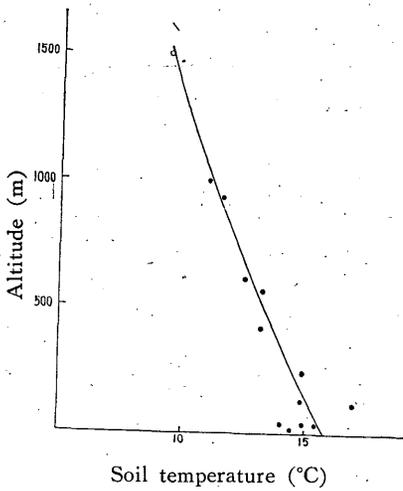


Fig. 8. Relation between the soil temperature of immutable layer and altitude in Chūbu district (36°00'N—36°40'N).

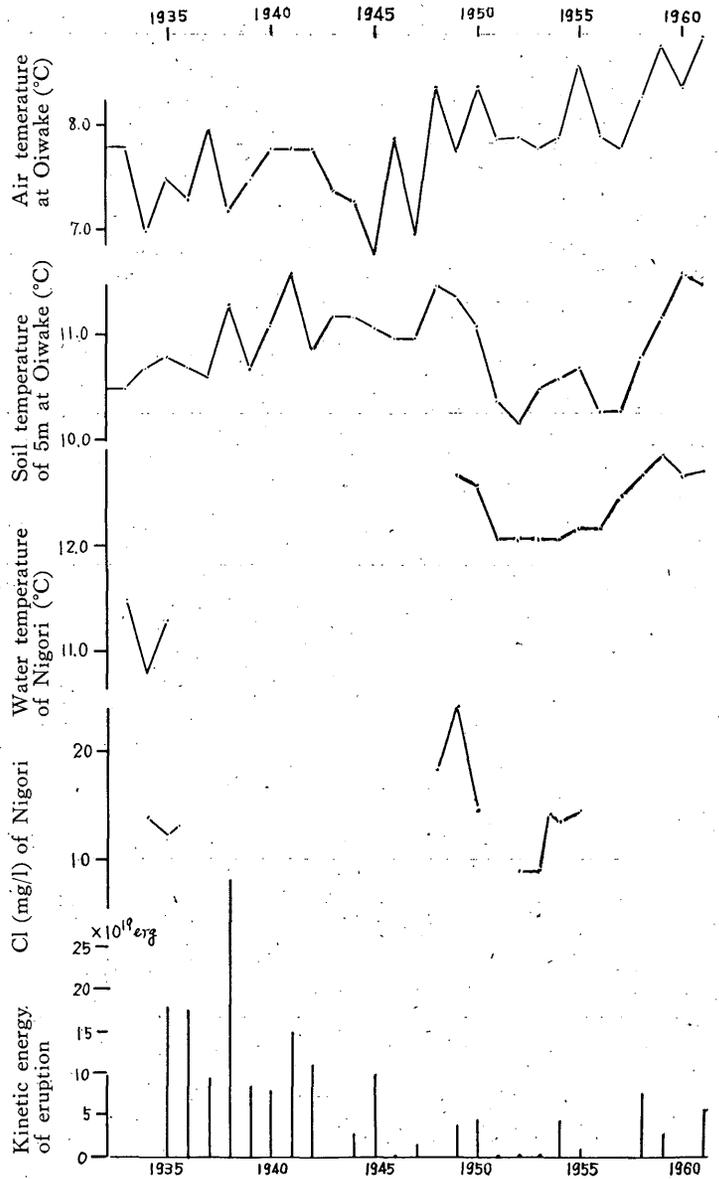


Fig. 9. Relation between the water temperature and quantity of Cl in Nigori Mineral Spring, the soil temperature of 5 m depth at Oiwake and the kinetic energy of eruptions of Mt. Asama.

§ 5. む す び

以上は 軽井沢測候所が 1949 年から定期的に始めた濁川源泉の湧水温の観測についての解析結果であるが、観測期間が 12 年だけで火山活動との関係を求めるためにはまだ資料が十分でないこと、湧水量の観測が水量等の関係で困難であったために観測されなかったこと等の欠点があり、今後長期間のより正確な観測値の積み重ねによって解決しなければならないことも多いが、12 年間の観測で次のことがわかった。

(1) 濁川源泉の湧水温は年変化は認められないが、12 年間に約 1°C の振幅をもつ明りょうな長期変動を示している。

(2) この湧水温は日本の同緯度同高度の地温不易層の温度に比べて平均 2.9°C 高くなっている。

(3) 濁川源泉の湧水温は気温の変動や降水量の多少によって変化をしないが、浅間山の噴火が強い年は平常のそれに比べてわずかではあるが高くなるという有意な相関係数が求められる。

(4) 濁川源泉の湧水温が高くなるとその年と、その翌年は追分の深さ 5 m の地中温度の年平均値が高くなるという有意な相関係数が求められ、浅間山の火山活動の変化が地下水を通して山麓に影響していることが認められる。

この観測については軽井沢測候所の所員の労苦に負う所が多くこれらのかたがたに敬意を表したい。

参 考 文 献

- 1) T. Minakami: The Sengataki Thermal Spring and Underground Mineral Water at the Foot of Volcano, Asama, 震研彙報 15 (1937), 134~141.
- 2) 野口喜三雄: 本邦火山の地球化学的研究 (其の一~其の四), 日本化学会誌, 56 (1935), 1495. 57 (1936), 920. 59 (1938), 521. 61 (1940), 432.
- 3) 柴田雄次, 野口喜三雄, 金子修: 浅間火山附近湧出水の重水濃度測定, 日本化学会誌, 58 (1937), 1013.
- 4) 岩崎岩次: 本邦火山の地球化学的研究 (其の三), 日本化学会誌, 57 (1936), 265.
- 5) 西条八束: 浅間火山の地下水, 東京大学地理学研究 1 (1949), 73.
- 6) 小平達郎: 地下水, 北佐久郡志自然篇 (1955), 287~338.
- 7) 小坂丈予: 浅間火山及びその周辺地域の湧水並びに地下水の研究 (第 1 報), 震研彙報 35 (1957), 395~414.
- 8) 渡辺 要: 建築と気象, 応用気象学講座 6 (1962), 79~83.