



Title	3. 微温泉と冷泉の境界温度に就いて
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu
Citation	北海道大學地球物理學研究報告, 2, 17-22
Issue Date	1952-12-31
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.2.17
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13791
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p17-22.pdf



3. 微温泉と冷泉との境界温度に就いて*

福 富 孝 治

(北大理学部 物理学教室)

—昭和26年 8月受理—

地中から湧きでる泉の水温が普通の泉に比較してかなり高いものを温泉といつてゐる。しかし、温度が何度以上あつたら温泉とするかといふ境界の温度をきめることは仲々むづかしい。外国でも国によつて種々な境界温度が用ひられてゐる。本邦では従来厚生省衛生試験所や日本温泉協会学術部で 25°C を境界温度としてきたが、これが採用されて昭和23年に制定された温泉法では温度に関しては 25°C を一つの基準としてそれより水温が高温な湧泉を温泉と定義せられてゐる。 25°C は台湾に於ける年平均気温であり、本邦の土地の略々中緯度に近い緯度 37° に於ける8月の平均気温になつてゐるので、(第2図中B参照曲線)この温度より泉温が高ければ夏冬を問はず気温よりも泉温の方が高い場合が多いといふ根拠によるもの様である。昭和19年北海道の有珠火山の麓に生成した昭和新山の北東側のフカバ(地名)の山ぎわに2~3の湧泉がある。この湧泉は明治43年有珠爆発の後大正3年頃には 45°C 位まで温度が昇つて、附近に温泉旅館が設けられた。その後温度は次第に低下して昭和19年頃には 18°C 位になつた。又札幌附近の石狩太美¹⁾や青森県野辺地町の野辺地川下流域にも²⁾ $20\sim 24^{\circ}\text{C}$ の穿井による湧水が多く存在してゐる。これらの湧水は附近の他の泉や地下水に較べて温度が 10°C 以上高いが、上に述べた定義によるとやはり冷泉といふことになる。かように北海道の様な寒い土地では年平均気温が $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 位であるから、この定義に従へば平均気温より 17 乃至 19°C も温度が高い湧水でも冷泉といふことになつて一寸困る。

又その土地の年平均気温を以てこの限界にしようとする案もある。ところが、浅い泉の温度や掘抜井戸の水温は本邦ではその土地の年平均気温よりも $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 位高いのが普通であるから、この後者の定義に従へば普通の泉や掘抜井戸はみな温泉になつてしまつて、これはなほ困るのである。

学問的には普通の地下水に比較して何等かの原因で温度が高い地下水(一般的には何等かの原因で普通の地下水と異つた性質の地下水)を分け出さうといふのが目的である。それには先

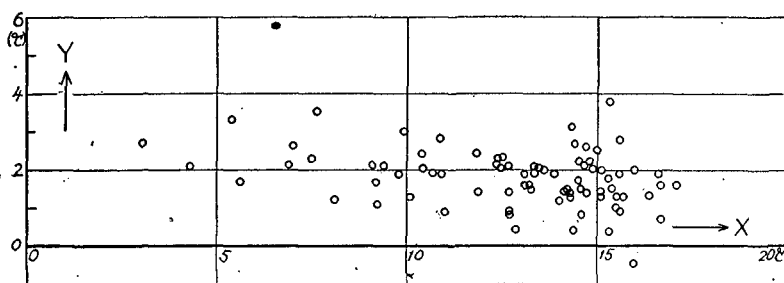
* 昭和23年12月17日、札幌温泉研究談話会において発表。

1) 福富孝治, 藤木忠美; 北海道石狩太美附近の微温泉(未発表)。

2) 福富孝治, 藤木忠美; 青森県野辺地町附近の温泉調査, 北大地球物理学研究報告2(1952), 31。

づ普通の地下水がどういふ温度をもつてゐるかを知らなければならない。普通の湧泉には掘抜井戸の様に地下 100 m 以下の浅い帯水層から湧き出すものが実際には多く、帯水層の中の水の流動はのろいからその水温は帯水層の深さの地中温度に大体なつてゐると考へて差支へない。³⁾ 荒川・東両助教授が北海道各地の掘抜井戸の水温と深さとの関係を調査した結果もこれを裏書きしてゐる。又筆者等が青森県野辺地駅附近の地下水について行つた測定結果によつてもわかる。⁴⁾ 又一方、普通の土地では地下 10m 以浅の部分を除けば 100m 深く入る毎に 3°C づつ地中温度が昇ることが判つてゐる。10m より浅い部分でも年平均温度については近似的にはかうなつてゐる。従つて、100m より浅い普通の泉の地下での水温は地表面の年平均地温に 3°C 加へた温度より多少低い筈である。⁵⁾ 湧泉が地表にわき出す場合には前報に述べた様な影響をうけて温度が変化するけれども、年平均の水温を考へればこの関係は大体満足されてゐる。特に湧出量が或る程度大きい湧水では水温はほとんど変化しない。

次に地面での年平均地温は勿論その土地の緯度や高低によつてちがふが、この関係を用ひるよりも気温の方が多く観測されよく研究されてゐるから、これを代りに用ひる方が便利である。従つて地面の年平均地温と年平均気温とを比較するために、中央気象台刊行の本邦気候表（昭和 25 年）によつて本邦各地の年平均気温を横軸にとり、それに対応する地表の年平均地温と年平均気温との差を縦軸にとつてその関係を点で図示すると第 1 図が得られる。即ち、地面に



第 1 圖 本邦各地における Y の値（地面温度の年平均値—年平均気温）と X（年平均気温）との関係

おける年平均地温の方が年平均気温より平均して 2°C 位、最高では約 4°C 高い。そしてこの差は殆んど緯度や高低には関係しない。従つて普通の浅い地下水の平均水温はその土地の

年平均気温に 7°C 加へた温度よりは常に低いことになる。故に泉温（厳密には泉温の年平均値）がかやうな限界温度より高い場合には、その泉は普通の浅い地下水とはちがつたものであると考へることが出来よう。例へば前記のフカバの湧泉の場合には、土地の年平均気温は 7.5°C であるから限界温度は 14.5°C となつてこの湧泉も微温泉の仲間に入ることになる。又前記の石狩太美や野辺地町附近の湧泉も、土地の年平均気温は夫々 7°C 及び 9°C であるから限界温度も 14°C 及び 16°C となつて、これらの湧泉も微温泉といふことになる。今土地の年平均気温を

3) 荒川淳, 東晃; 被圧地下水の温度による地中増温率の測定, 科学 22 (1952), 88.

4) 福富孝治, 藤木忠美; 青森県野辺地町附近の温泉調査, 北大地球物理学研究報告 2 (1952), 31.

5) F. Fukutomi: Physical and chemical properties of The Shimogamo, Rendaizi and Shimokawazu thermal springs in Southern Izu peninsula, Bull., Earthq. Res. Inst., 14 (1936), 259.

T_m , 限界温度を θ_c とすれば

$$\theta_c = T_m + 7^\circ\text{C} \tag{1}$$

湧泉の湧出口に於ける水温の年平均値を θ_m とすれば

$$\left. \begin{aligned} \theta_m > \theta_c : & \quad \text{温泉又は微温泉} \\ \theta_m < \theta_c : & \quad \text{普通の湧泉(冷泉)} \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

即ち、(1) 式で示される境界温度を境界として、湧泉の年平均水温がこの境界温度より高いか低いかによつて学術的の目的には温泉又は微温泉と普通の湧泉又は地下水とを区別しようといふのが筆者の考へである。

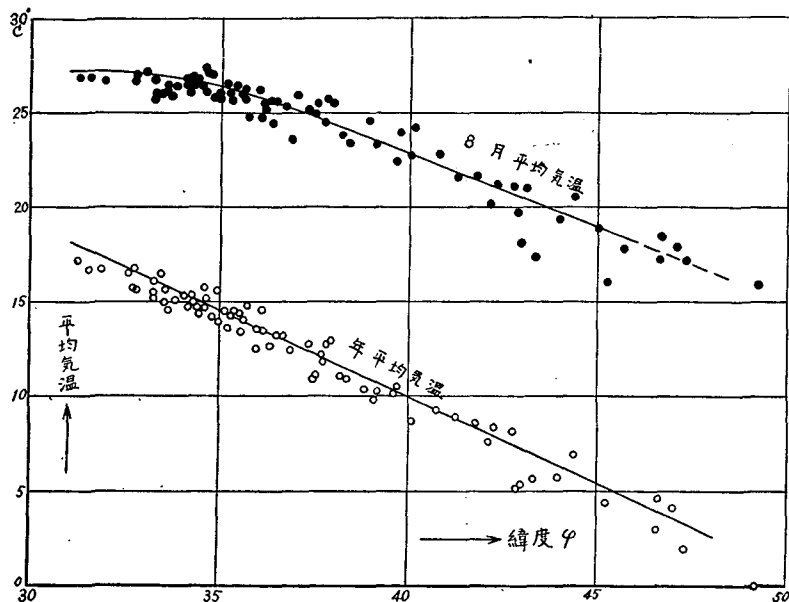
尙穿井による湧水の場合、その水が湧出してゐる深さが判つてゐるときには、その深さを $X(m)$ とすれば限界温度は近似的に

$$\theta_c = T_m + 4 + 0.03X \tag{3}$$

と考へられる。従つて $X > 100m$ の場合には (3) 式による θ_c の値は (1) 式の θ_c の値より大きくなつて一寸困る。しかし、かやうな深層の地下水は天然状態で湧出するとすれば流路の抵抗のため流速が減じ水温も上層地温の影響で低下するであらう。穿井の結果短い道を抵抗の少ない状態で湧出するために湧出温度が深層の温度を直接示したと考へられるから、これも異状な地下水と考へることもできるから (1) 式の境界温度を用ひた方がよいと思ふ。

次に境界温度は (1) 式を用ひるとしても、問題の湧泉の存在する任意の土地の年平均気温 T_m の値が判つてゐなければ境界温度 θ_c が判らない。その土地で T_m の観測値があれば問題はないが、ない場合でも次の様にして簡単に近似値は知ることができる。

中央气象台で刊行されてゐる本邦気候表(昭和25年)には本邦各地の測候所及び区内観測所における月或は年平均気温が発表されてゐるから、これを資料として横軸にその土地の緯度を取り、縦軸にその年平均気温をとつてその値を白丸で示せば第2図が得られる。但し土地の高度が0~100mの



第2圖 本邦各地の年平均気温(白丸)及び8月の平均気温(黒丸)の緯度による変化

場合だけを図示した。又参考のために8月の平均気温を黒丸で示した。即ち、本邦に於いては或る土地の年平均気温 T_m と緯度 φ との間には近似的には負の直線的関係があつて、緯度の比較的低い土地では高温であるが緯度の比較的高い土地では低温となつてゐる。しかし、もう少し厳密に考へると土地の高度や経度にも関係がある。昭和6年中央気象台刊行の気温報告には大正8年~12年における全国測候所及森林測候所148ヶ所の年平均気温を資料にして整理し、年平均気温 T_m と緯度 φ 、経度 λ 、海拔高度 h (単位 m) との間に $\pm 0.56^\circ\text{C}$ の誤差の範囲で

$$T_m = 14.33 - 0.92(\varphi - 35^\circ) + 0.07(\lambda - 135^\circ) - 5.5 \times 10^{-3}h \quad (4)$$

なる関係が成立つことが報告されてゐる。従つて(4)式と(1)式とから境界温度 θ_c は

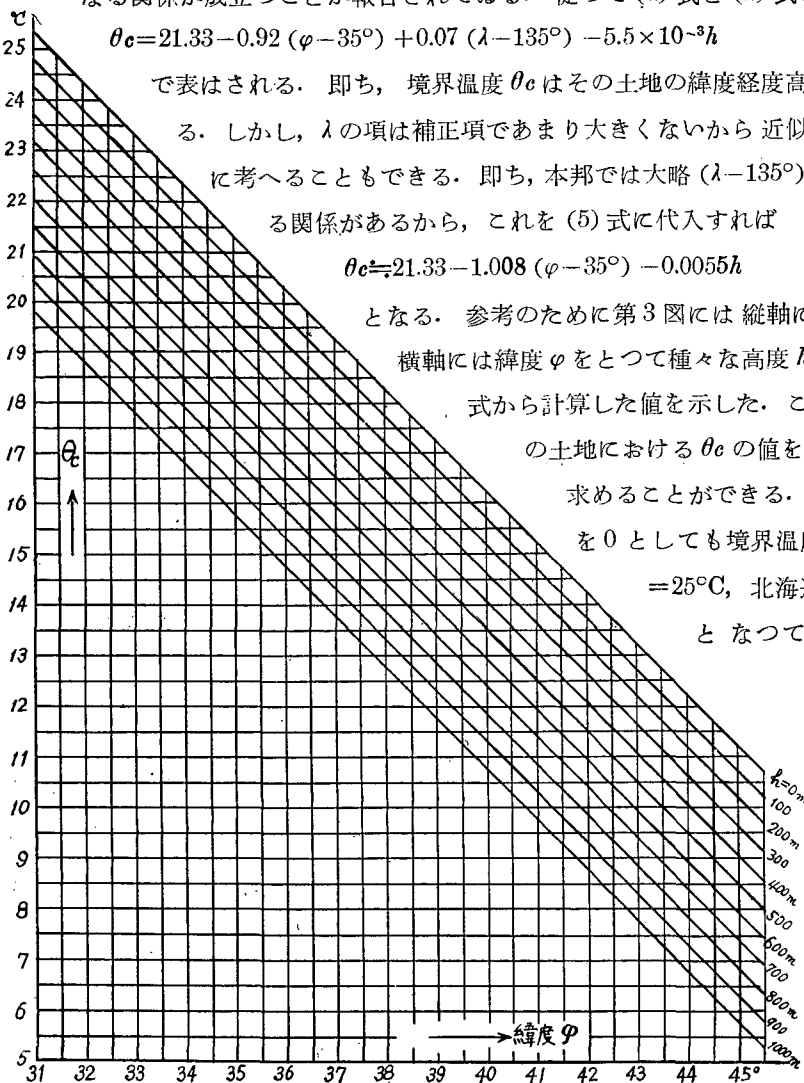
$$\theta_c = 21.33 - 0.92(\varphi - 35^\circ) + 0.07(\lambda - 135^\circ) - 5.5 \times 10^{-3}h \quad (5)$$

で表はされる。即ち、境界温度 θ_c はその土地の緯度経度高さが判れば求められる。しかし、 λ の項は補正項であり大きくないから近似的の目的には次の様に考へることもできる。即ち、本邦では大略 $(\lambda - 135^\circ) \approx 1.25(\varphi - 35^\circ)$ なる関係があるから、これを(5)式に代入すれば

$$\theta_c \approx 21.33 - 1.008(\varphi - 35^\circ) - 0.0055h \quad (5)'$$

となる。参考のために第3図には縦軸に境界温度 θ_c をとり横軸には緯度 φ をとつて種々な高度 h に対する θ_c を(5)'式から計算した値を示した。これにより本邦の任意の土地における θ_c の値を $\pm 1.0^\circ\text{C}$ 位の誤差で求めることができる。図から判る様に高度を0としても境界温度は九州南端では $\theta_c = 25^\circ\text{C}$ 、北海道北端では $\theta_c = 11^\circ\text{C}$ となつて大きな差を生ずるのである。

次に湧泉の年平均水温 θ_m について考へてみよう。多くの湧泉ではその湧出温度の季節による変化は小である。特に湧出量の多い湧泉に於ては年中ほとんど一定値を示してゐる



第3圖 微温泉と冷泉との境界温度 θ_c と緯度 φ と土地の高さ h との関係

る。例へば水上博士⁶⁾によれば浅間山麓の千ヶ滝温泉などは殆んど年変化は認められてゐない。しかし、湧出量が少ないか極めて浅い地層に水源を有する湧泉には年変化⁷⁾の著しいものがある。この場合水温は8月頃極大値を2月頃極小値を示し、5月及び11月頃年平均水温に近い値を示すのが普通である。従つて湧泉の年平均水温の観測値がなく、数回の観測値しかない場合には近似的には次の様にして推定する外はない。

- 1) 湧出量の多い湧泉では1回の測定値を用ひても近似的には差支へない。
- 2) 但し、水源が極めて浅層にあると思はれる湧水や、湧出量の極めて少ない湧水では5月或は11月頃の測定値をそのまま用ひるか、2つの月を示す数の差が6になる様な2つの月の測定値の平均を用ひると簡便に概値が求められる。

兎に角、上述の方法により何等かの原因で普通の湧泉よりも温度が高い湧泉即ち、温泉及び微温泉を区別することが出来る。温泉については本邦では既に前に述べた様な規準がまうけられ、温度に関しては 25°C 以上を温泉と定義せられ一般に用ひられてゐるから、これは其の儘使用することにすれば、本報告に提案した境界温度と 25°C との間の湧泉は温泉とは称せられない。筆者はこれらを微温泉と仮称して普通の湧泉と区別することにした。又温泉利用の主目的が本邦における様に入浴である場合には、泉温が 40°C 以下では利用価値が減少するから、こゝに副境界線をおく方が便利である。従つて筆者は 40°C 以下の温泉を暖泉とし、 40°C 以上の温泉を熱泉と仮称したいと思ふ。又沸騰泉(間歇泉、噴騰泉を含む)はその状態、噴出機構が熱泉とはかなり異なるからこれも熱泉と区分したいと思ふ。筆者の考へを綜括すれば次の様になる。

湧出温度の年平均値 θ_m による湧泉の分類 (私案)

湧泉	{	普通	の湧泉 (冷泉)	$\theta_m < (\text{その土地の年平均気温} + 7^{\circ}\text{C})$		
		微	温 泉	$25^{\circ}\text{C} > \theta_m > (\text{その土地の年平均気温} + 7^{\circ}\text{C})$		
		温 泉 ($\theta_m > 25^{\circ}\text{C}$)	{	暖	泉	$40^{\circ}\text{C} > \theta_m > 25^{\circ}\text{C}$
				熱	泉	$\theta_m > 40^{\circ}\text{C}$ であるが、水の沸騰状態に達しない。
				沸 騰	泉	水が沸騰状態にある。

御批判を乞ふ次第である。

本研究に要した費用の一部は文部省科学研究費によつた。ここに感謝の意を表する。

6) T. Minakami; The Sengataki thermal spring and underground mineral water at the foot of volcano Asama, Bull. Earthq. Res. Inst., **15** (1937), 134.

7) T. Fukutomi, M. Nakada; On the Rendaizi thermal springs in Izu peninsula, Bull. Earthq. Res. Inst., **13** (1935), 616.

3. On the Boundary Temperature between Tepid Spring and Cold Spring.

By Takaharu FUKUTOMI

(Department of physics, Faculty of Science.)

In Japan, the boundary temperature between hot spring and cold spring was defined as 25°C by law in 1948. The reason is presumably that as 25°C is about the annual mean air temperature in Formosa and also is the monthly mean air temperature in August at 37° in latitude, the orifice temperature over 25°C is approximately higher than the air temperature all the year round. According to this definition, we must regard the spring of temperature exceeding the annual mean temperature in Hokkaido by no less than 17~19° as "a cold spring". For scientific researches, it is desirable to find out the springs, whose temperature is more or less higher than that of the normal cold springs.

As the underground water in Japan originates in general, from the shallow layer of less than 100m; its temperature is at most about 3°C higher than the annual mean temperature of the ground surface. And the annual mean air temperature is, at any place in Japan, about 2°C on an average and 4° at most higher than the annual mean temperature of ground surface, as shown in Fig. 1. Therefore, the temperature of normal underground water is at most 7° higher than the mean air temperature.

We thus propose to put "the tepid spring" between "the hot spring" and "the cold spring", and to take the boundary temperature θ_c between the tepid and the cold springs as follows:

$$\theta_c = \text{annual mean air temperature} + 7^\circ\text{C}.$$

Then, θ_c is approximately given in Japan by the following equation:

$$\theta_c = 21.33 - 1.008(\varphi - 35^\circ) - 0.0055h.$$

Where φ is the latitude, and h the height of the place in metre.

This relation is graphically shown in Fig. 3.