

河川流量を利用した温泉水流出熱量の測定

尾崎 次男*

Heat Discharge Survey by the Measurement of Discharge of the Stream

Tsugio OZAKI

Abstract

Heat discharge of Fukiage Hot Spring area, Onikobe, Miyagi Prefecture, was estimated by means of the discharge of the stream into which all of hot springs are pouring. The discharge of the streams was calculated from the mean velocity of the stream flow measured by electric current meter and the area of cross-section of the stream. The measurement was carried out at the sites of nos. 1, 2, 3, and 4 shown in fig. 2 on Sept. 13, 1974.

From measured discharges and water temperatures, total heat discharge is estimated at about 1.7×10^6 calories per second, if the heat loss due to the evaporation from stream surface is neglected.

まえがき

温泉水が河川水とともに流出する場合、河川流量の測定方法を利用して温泉水の流出熱量を簡便に知ることができる。筆者は地熱地域の熱水系に関する研究に関連して、宮城県鬼首・吹上温泉の温泉密集地域における温泉水の熱量を求める試みを行った。以下、その概要を紹介する。

1. 調査地域の概要

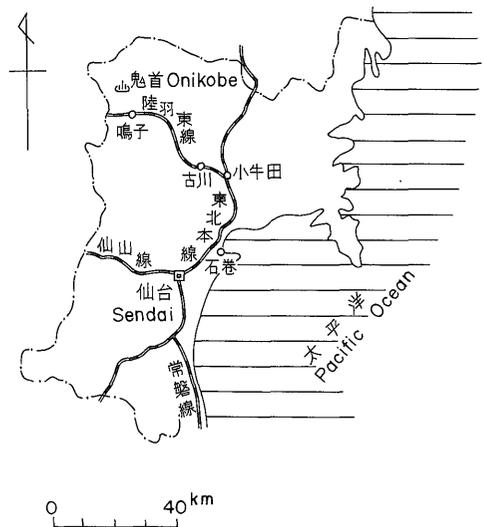
吹上温泉は鬼首八湯の一つで、宮城県鳴子町鬼首にあり、温泉・間けつ泉などが多数分布している（第1図・第2図）。それらの大部分は、ほぼ自然状態に維持され、流出する温泉水はほぼ全量が吹上沢に流入し、河川水となって地域外に流出している。

温泉個々の湧出量および温度は明らかでないが、宮城県岩出山保健所の温泉台帳によれば、人追い地獄の湧出量は35 l/min程度である。また、温度は50-100℃の範囲にあり、95℃前後を示すものが多い。吹上沢の水温は流入する温泉水の影響をうけて概して高く、筆者の測定によれば泥湯下流で43℃、最も下流の湯沢橋下で31℃であった。なお、吹上沢沿いにある温泉湧出箇所は、自然湧出およびボーリング井を含めると30をこえるものと思われる。しかしそれらの湧出量は噴気孔を除いた大部分

が1 l/sec以下と見られる。温泉水の湧出口における温度は中村ほか(1959)によると湯泉神社のものが81℃、宮城県が実施したボーリング井のものが100℃を示し、少なくとも14カ所の湧出口における平均水温は95.4℃である。

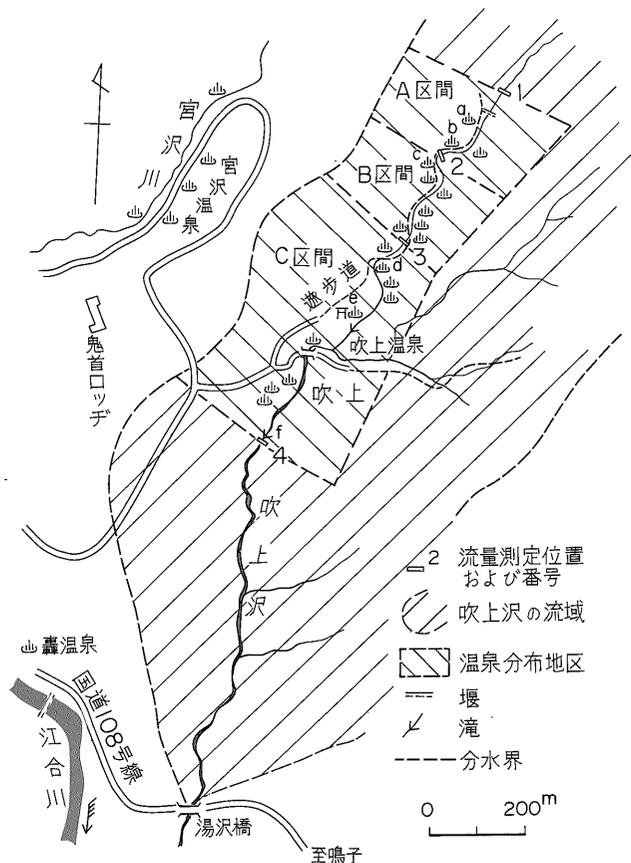
2. 水温・流量の測定

2.1 測定位置



第1図 鬼首温泉の位置
Location of Onikobe.

* 環境地質部



a: 五月雨の湯, b: 噴気孔, c: 人追い地獄, d: 泥湯, e: 湯泉神社, f: 弁天湯の流

第2図 流量測定位置・測定区間との温泉分布地区

Measurement points for discharges of stream.

吹上沢における水温および流量の測定位置は第2図に示す通りであり、五月雨の湯上流(堰上流)地点No. 1から弁天湯下流地点No. 4までの4地点である。便宜上No. 1とNo. 2との間、No. 2とNo. 3との間、およびNo. 3とNo. 4との間をそれぞれA・B・Cの3区間とすれば、A区間とB区間に流入する水は、吹上沢本流以外は大部分自然湧出の温泉水とみなされる。これに対し、C区間には自然湧出の温泉水のほか、植物園・旅館などの人工施設を経由した温泉水・用水の廃水が流入し、また、やや多量の支流水が合流する。

2.2 測定方法

測定は水温・流量とも、吹上沢本流についてのみ行った。水温などの測定は1/10°C目盛で0-50°Cの棒状温度計を使用した。吹上沢本流における水温測定はNo. 1地点については中央のみ、No. 2—No. 4地点については左岸寄り、中央および右岸寄りの3カ所について行った。流速の測定には、回転翼が20回転に1音を発する

T・F型流速計を使用した。その性能はつぎのとおりである。

$$V = 0.224N - 0.002$$

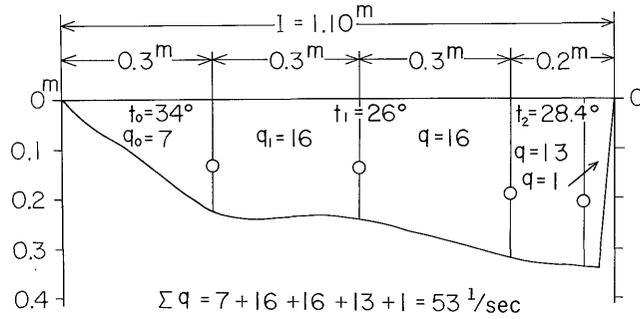
$$N = \frac{n}{T}$$

V: 流速 m/sec, (n: 回転数, T: 所要の回転数に要した秒数。

流量の測定は一般の水文調査の方法に準じて行い、流水の断面積と流速とから求めた。流水断面積を求めるための水深測定は、測定地点ごとに流水に直交する水面幅に対し、左岸水際から一定間隔(0.2~0.3m)で実施した。流速の測定は、水深を測定した位置ごとに水深の6割に相当する深度の点が、その垂直断面の平均流速とする1点法で行った。測定位置ごとの流速を求めるための所要回転数に要した秒数は40-60秒で行った。

流量の計算は、第3図に示したように、まず区間長と水深から区間断面積を求め、これに梯形断面では、測定

河川流量を利用した温泉水流出熱量の測定 (尾崎次男)



第3図 No.2 地点における水温と流量の測定断面

Discharges and water temperatures at the cross section of the stream at point 2.

注：○印は流速を測定した位置を示す。tは水温(°C), qは流量(l/sec)を示す。

第1表 吹上沢本流における各地点の気温・水温および流量の諸元に関する測定結果

Results of the measurement of atmospheric and water temperatures and discharges at Fukiage stream.

測定場所	測定時刻	天候	気温 (°C)	水温			水面幅 l (m)	最大深 d (m)	断面積 a (m ²)	流量 q (l/sec)	備考
				左岸 (°C)	中央 (°C)	右岸 (°C)					
No.1 (堰上流) A 区間	時分 9.45	くもり	19.8		16.3		1.60	0.14	0.143	48	流速測定箇所は左岸から0.3m毎5カ所
No.2 (噴気孔直下流) B 区間	10.00	くもり	20.0	21.3 (34.0)	21.3 (26.0)	21.3 (28.4)	1.15	0.34	0.257	53	流速測定箇所は左岸から0.3m毎3カ所と0.2mが1カ所合計4カ所
No.3 (吊橋の直上流) C 区間	10.25	くもり	20.5	30.2	30.2	30.2	0.70	0.27	0.143	62	流速測定箇所は左岸から0.2m毎
No.4 (弁天湯滝下)	10.45	くもり	22.4	35.0	35.0	35.0	1.00	0.24	0.149	72	流速測定箇所は左岸から0.2m毎

注：噴気孔直下流のNo.2地点における水温のうち()内は、かんけつ泉噴出直後の値を示す。
 使用した流速計、T・F型流速計、常数 $V = 0.224 N - 0.002$, V : 流速 (m/sec), $N = \frac{n}{T}$
 n : 回転数, T : 回転数に要した秒数
 流速の測定は水面から水深の6割の位置が平均流速を示すとした1点法による。

した両端の流速を平均した値を乗じ、三角形断面では一端の流速の2/3を平均値として乗じ、それぞれの区間流量を求めた。これらの区間流量の総和が測定地点の流量である(第3図)。

3. 測定結果

水温・流量などの測定結果は第1表に示すとおりである。測点 No. 1 から No. 4 までの川床・谷壁は主として凝灰岩層からなり、谷壁から若干の地下水湧出が認められるが、川床からの漏水はきわめて少ないものと考えられる。したがって、この間における流量増加量は主として温泉水および支流水などの流入量に相当するものとみなされる。また、水温も一方的に増加し、とくにC区間において相対的に低温の支流水がかなり流入しているにもかかわらず水温が上昇しているのは、大きな熱量を有

する温泉水の流入があることを示すものである。なお、A・B両区間における吹上沢本流への流入水は、ほぼ温泉水からの流入水によって占められているものとみなされる。

4. 吹上沢に流入する温泉水の熱量

温泉水の熱量はその流量と水温との相乗積として表わされる。すなわち、温泉水の熱量を Q (cal/sec), その流量と水温をそれぞれ、 q (l/sec) および t (°C) とすれば、 $Q = qt$ ($\times 10^3$ cal/sec) である。したがって、河川における流量と水温の変化を、その本流と流入温泉水または流入支流との間の収支関係とみなせば、河川沿いの任意の区間における水温・流量・熱量に関して次の一般式が与えられる。ただし、区間内における河川水の蒸発水量および蒸発熱量を無視できるものとする¹⁾。

第2表 吹上沢本流における水量・水温に関する諸元
Calculated elements of discharges and water temperature of Fukiage stream.

区間名	本流における流入水量 (q_i) (l/sec)	本流における流出水量 (q_o) (l/sec)	本流における流量増加量 (q_a) (l/sec)	本流における流入水の温度 (t_i) (°C)	本流における流出水の温度 (t_o) (°C)	本流における水温増加量 (t_a) (°C)	本流への流入水の平均温度 (T) (°C)	本流への流入水の熱量 (Q) $\times 10^8$ (cal/sec)
A	48	53	5	16.3	21.3	5.0	69.3	346.5
B	53	62	9	21.3	30.2	8.9	82.6	743.5
C	62	72	10	30.2	35.0	4.8	64.7	647.6

$$Q = q_o t_o - q_i t_i \dots\dots\dots(1)$$

$$Q = q_a T \dots\dots\dots(2)$$

あとがき

上述の試みは河川の水収支を求める方法を熱量収支に適用したものである。したがって蒸発熱量はもちろんのこと、温泉湧出口から河川本流における測点までの水温変化は無視している。また、当然温泉水以外の低温の支流についてもその流入水量と水温とを測定し、温泉水の流量と温度を抽出しなければならない。さらに、温泉水の湧出直後における水温・水量などが測定可能であれば、温泉地帯の放熱量の測定についてもより正確な測定に近づけることができると思われる。

これらの問題点については、今後なお検討を加えながら、放熱量測定の一助としたい。

文献

福富孝治・藤木忠美 (1953) 昭和26年11月から27年3月頃の登別温泉地獄谷の活動状況。北海道大学地球物理学研究報告, vol. 3, p. 23-29.
中村久由・他 (1959) 宮城県鬼首環状地内における地質構造と地熱との関係。地質調査所月報, vol. 10, p. 575-600.

(受付: 1975年6月17日; 受理: 1975年7月29日)

ただし

Q : 河川本流への流入水の熱量 ($\times 10^8$ cal/sec)

T : 河川本流への流入水の平均水温 (°C)

q_o, t_o : 河川本流における流出水量 (l/sec) および流出水の水温 (°C)

q_i, t_i : 河川本流における流入水量 (l/sec) および流入水の水温 (°C)

q_a : 河川本流における流量増加量 (l/sec)

これらの諸元を吹上沢の測定値に適用すれば、第2表の通りである。

したがって、上式(1)によりA-C各区間における吹上沢本流への流入熱量は

それぞれ

$$Q_A = 346.5 (\times 10^8 \text{ cal/sec})$$

$$Q_B = 743.5 (\times 10^8 \text{ cal/sec})$$

$$Q_C = 647.6 (\times 10^8 \text{ cal/sec})$$

となる。

吹上沢本流への総流入熱量は、各区間における本流への流入熱量の総和として示され、その値は、 $1,737 \times 10^8$ cal/sec となる。

また、吹上沢本流への流入水の平均水温は上式(2)により、それぞれ

$$T_A = 69.3 (\text{°C})$$

$$T_B = 82.6 (\text{°C})$$

$$T_C = 64.8 (\text{°C})$$

となる。

1) 福富ら (1953) が登別温泉の地獄谷において実験した結果では、水温平均36°C, 気温平均9.4°C, 風速1-2 m/secの場合、河川からの蒸発熱量は無視できる程度であったという。吹上沢の測定時における気温と水温の差はもっと小さかった。