HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	2. 本邦の全温泉地域から放出される熱エネルギーの概値
Author(s)	福富, 孝治
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 23, 9-13
Issue Date	1970-03-18
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.23.9
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13970
Type	departmental bulletin paper
File Information	23_p9-13.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

2. 本邦の全温泉地域から放出される熱エネルギーの概値*

福富孝治
(北海道大学理学部地球物理学教室)

—昭和44年10月受理—

I. 序　　言

筆者は曽って北海道の主要な温泉地30余カ所の調査の結果[1]を基にして北海道の全温泉地域から放出される熱 energy の概値を 6.3×10^9 cal/min[2] と推定した。このような調査を本邦全域について行なうには，全国の主要温泉地において放出される熱 energy の測定が必要であり，これには今後数10年の歳月がかかるであろう。

しかし，本邦全温泉地域から放出される総熱 energy Q の程度だけでも現在推察してみようというのが本論文の目的である。

II. 北海道の全温泉地域から放出される熱 energy の値を用いた場合

前章に述べた北海道の全温泉地域から放出される熱 energy の値 Q_h の中には熱階級 V の登別海岸から竹浦を経て白老に至る地区の温泉の推定値として 36×10^7 cal/min を用いているが，その後開発が進んで現在では 60×10^7 cal/min ぐらいと採るのが適当と思われるので $Q_h=6.5\times10^9$ cal/min に訂正する。

日本全国の温泉地についても温泉の熱階級別頻度分布（百分率で表わしたもの）は北海道の場合と全く同様であると仮定し，厚生省国立公園部管理課の最近の発表（昭43. 3月）による全国温泉地数1479，北海道温泉地数128を用いると，全国の温泉地から放出される総熱 energy Q の概値は

$$Q=6.5\times10^9\ \text{cal/min}\times\frac{1479}{128}=7.5\times10^{10}\ \text{cal/min}=1.3\times10^9\ \text{cal/sec}$$

と見積られる。

III. 全国温泉の総湧出量と加重平均温度とを用いた場合

第II章の結果だけでは不安であるので，全く別の方法によって Q の推定を以下のように

---

* 日本温泉科学会 No. 22 大会（昭和44年7月30日）において発表.

1) T. FUKUTOMI; Rates of Discharge of Heat Energy from the Principal Hot Spring Localities in Hokkaido, Japan, Jour. Fac. Science, Hokkaido Univ. Series VII, **1** (1961), 315.

2) 福富孝治；北海道の温泉について，火山2集，**11** (1966), 127.

行なってみた。

ある温泉地の任意の温泉湧出口の湧出量を v，その温度を θ，温泉水の密度および比熱をそれぞれ ρ および c，その温泉地の普通の地下水温度を T，全国の温泉湧出口数を N とおけば，全国の温泉から温泉水として出る熱 energy Q_1 は次式で与えられる。

$$Q_1 = \rho c \sum^{N} v(\theta - T) \tag{1}$$

但し，温泉が沸騰泉である場合は水蒸気が温泉水から分離する以前の熱水の温度と湧出量を用いなければならない。また，Q_1 とは普通の地下水よりも高温な温泉水が普通地下水に対し余分に持っている熱 energy を考えているのである。

1つの湧出口から出る湧出量 v はその温泉の温度 θ またはその土地の普通の地下水温度 T には関係しないと考えられるから，v の本邦全温泉湧出口数 N についての平均を $\bar{v}$ とおけば

$$Q_1 = \rho c \bar{v} \sum^{N} (\theta - T) \tag{2}$$

となる。

浅い地下水の温度は北海道の北端から九州の南端に至る範囲において 7°～23°C 程度の値であるからこの平均値 15.0°C (本邦の中緯度 38° における地下 30 m の地下水温度) を $\overline{T}$ とおいて T に代用し，$\overline{T}$ よりも温度の高いものを温泉とみなしてその湧出量の全国の合計を V_t，温泉の温度を 10° 毎に s 個の段階に分け i 番目の組の温度の中央値を θ_i，その組の温泉頻度を n_i とすれば

$$\bar{v}N = V_t \tag{3}$$

$$\sum^{N} (\theta - T) \simeq \sum_{i=1}^{s} n_i(\theta_i - \overline{T}) \tag{4}$$

であるから，これらを (2) 式に代入すれば

$$Q_1 \simeq \rho c V_t \sum_{i=1}^{s} (\theta_i - \overline{T}) \left(\frac{n_i}{N}\right) \tag{5}$$

を得る。

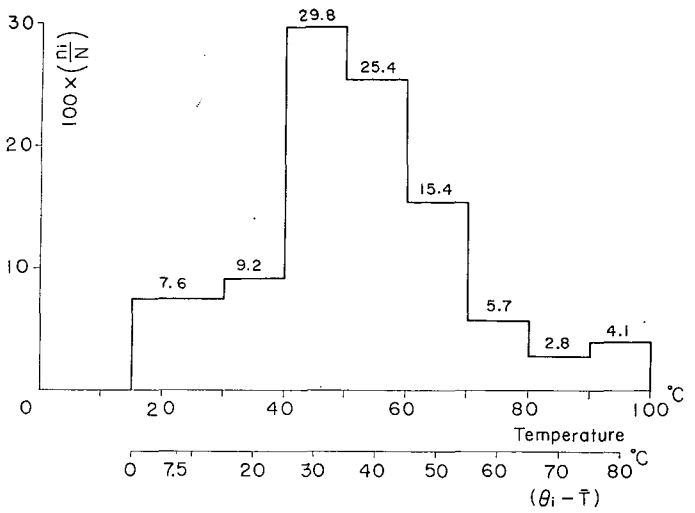
(5) 式において，$\rho c \simeq 1.0$ を採用する。厚生省国立公園部昭和 43 年 3 月の発表[3] によれば本邦の温泉 (鉱泉) の総湧出量は 1,207,194 L/min であるが，厚生省国立公園部編日本鉱泉誌によって調べると，この値の 77% が 25°C 以上の温泉湧出量と推定される。また，15°～25°C の微温泉数を 25° ～ 30°C の温泉数の 2 倍と仮定すれば，15°C 以上の温泉の総湧出量 V_t は 25°C 以上の温泉総湧出量の 1.054 倍と近似的に見積られる。すなわち，

$$V_t \simeq 1.207 \times 10^6 \times 0.77 \times 1.054 = 0.97 \times 10^6 \text{ L/min} = 16.2 \times 10^6 \text{ cc/sec}$$

となる。

---

3) 厚生省国立公園部管理課；都道府県別温泉利用状況一覧，温泉，**36**-12 (昭 43), 33.



第1図　本邦における温泉の温度の頻度分布 (%)

Fig. 1.　Frequency distribution of temperature of hot springs in Japan.

次に，上記日本鉱泉誌に記載の温泉について温度を 10° 毎の組に分けて各組の頻度を百分率で表わし，これを縦軸にとって，横軸にはその温度をとって，これらの関係を示したのが第1図であるが，縦軸は $100\times\left(\frac{n_i}{N}\right)$ に相当している。また，横軸の下方の目盛は $(\theta_i-\bar{T})$ に相当する。但し，温度 15°～30° の組の頻度は前の仮定により 25°～30° の範囲の頻度の3倍とし，その組の温度の中央値だけは 22.5℃ としている。第1図の関係から

$$\sum_{i=1}^{9}(\theta_i-\bar{T})\left(\frac{n_i}{N}\right)\simeq 37.9℃$$

が求められた。

したがって，これらの値を (5) 式に代入すれば

$$Q_1\simeq 1.0\times 16.2\times 10^6\times 37.9=6.1\times 10^8\ \text{cal/sec}$$

を得る。

さて，本邦の全温泉地域から放出される熱 energy Q は温泉水 (水蒸気を含む) として出るもの Q_1 と熱伝導によって岩石伝いに地表から空中へ放出される熱 Q_2 が主要なものである。北海道の主要温泉地域 30 余カ所における実測結果の平均として，Q_2 の値は $0.29\,Q$ であること[1] が知られているので，この関係が全国的にも成立すると仮定すれば

$$Q=Q_1+Q_2=Q_1+0.29\,Q \qquad (6)$$

であり，したがって

$$Q=Q_1/0.71 \qquad (7)$$

なる近似的関係がある。(7) 式に求められた Q_1 の値を代入して

$$Q \simeq 0.86 \times 10^9 \text{ cal/sec}$$

が得られた。

IV. 本邦の全温泉地域から放出される熱 energy の概値

本邦の全温泉地域から放出される熱 energy Q の概値を独立な2つの方法によって推定した結果，第 II 章においては 1.3×10^9 cal/sec，第 III 章においては 0.9×10^9 cal/sec と求められた。すなわち，これら2つの値はおよそ同程度の値である。これらの平均値を用いることにすれば，

$$Q \simeq 1.1 \times 10^9 \text{ cal/sec} = 3.5 \times 10^{16} \text{ cal/yr}$$

である。この熱量の程度を理解するために，燃焼熱 7000 cal/g の石炭量に直してみると1年間に 500 万屯の石炭の燃焼する熱に当たり，器械 energy に換算すれば 1.5×10^{24} ergs/yr となり，もしこの熱が仕事をするときの工率を 10% とすれば，例えば 1948 年に発生した福井地震 (Magnitude 7.2, energy 4×10^{22} ergs) を毎年約4回ひき起す程度の熱 energy に当たるのである。

また，地球内部から熱伝導で放出される熱流量 H の値は平均して 1.5×10^{-6} cal/cm^2-sec であることが知られているが，本邦全域に直すと 5.4×10^9 cal/sec であり，上記の Q の値をこれと比較すると

$$Q/H \simeq 0.20$$

となる。

本論文で求めた Q の値の概値は本邦の全温泉地域から放出される熱 energy の概値であるが，活火山の噴気孔地域から放出される熱 energy は含まれていない。したがって，本邦の火山温泉地域から平常状態において放出される熱 energy の概値は上記 Q の値よりもやや大きな値となる筈である。参考のために付記すれば，1火山の噴気孔地域から放出される熱 energy は顕著な温泉地域でその地下温度が 100°C を越えるいわゆる地熱地帯からの熱 energy と同等か，それ以上の値を示しているということである[4]。

4) 福富孝治；北海道地熱地帯の熱量とその探査上の諸問題，地熱，**13** (1967), 21.

2. Order of Magnitude for Total Discharge-Rate of Heat Energy from All of the Hot Spring Localities in Japan

By Takaharu FUKUTOMI
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Order of magnitude for total discharge-rate of heat energy from all of the hot spring localities in Japan Q was roughly estimated by the following two methods.

1) Taking the known total discharge rate of heat energy from all of the hot spring localities in Hokkaido, Japan as 6.5×10^9 cal/min and using the total number of hot spring localities in Hokkaido and in Japan respectively as 128 and 1479, and further, assuming that the frequency distribution (in %) of the heat energy indices of hot spring localities in Japan is the same as that in Hokkaido, the order of magnitude of Q was estimated as 1.3×10^9 cal/sec.

2) Adopting the approximate equation (5) that indicates the relation among the total discharge-rate of heat energy flowed out as hot water from all of the hot spring localities in Japan Q_1, and putting the total volume out-put of hot water from the same area as V_t and the weighted mean value of temperature of hot springs above mean normal groundwater temperature in Japan as $\overline{T}$, the value of Q_1 was estimated as 6.1×10^8 cal/sec. Again, assuming that the average value of Q_1/Q is 0.71, which was obtained for the principal hot spring localities in Hokkaido, the rough magnitude of Q was estimated as 0.9×10^9 cal/sec for all of the hot spring localities in Japan.

Two values of Q obtained in 1) and 2) were in nearly the same order of magnitude, and the average value was $Q=1.1\times10^9$ cal/sec.