



Title	4. ニセコ馬場温泉に就いて
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu
Citation	北海道大學地球物理學研究報告, 2, 23-30
Issue Date	1952-12-31
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.2.23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13792
Type	departmental bulletin paper
File Information	2_p23-30.pdf



4. ニセコ馬場温泉に就いて

福 富 孝 治

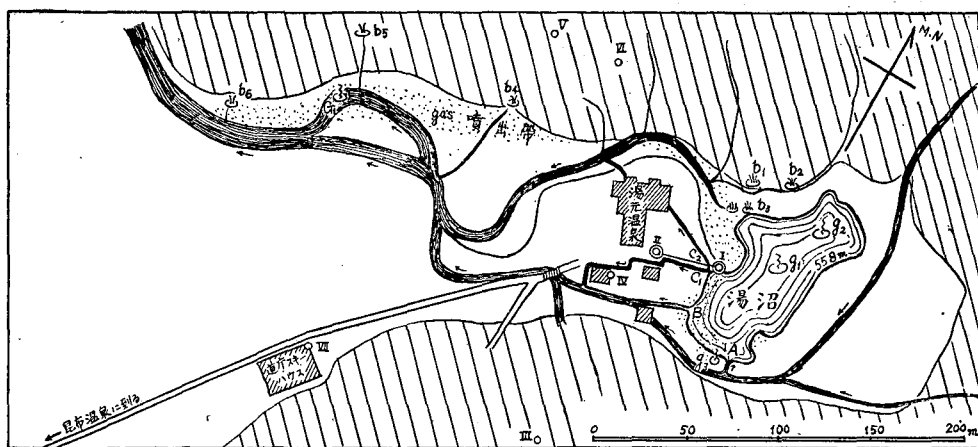
(北大理学部 物理学教室)

—昭和26年8月受理—

北海道庁林務部道有林課の依頼により昭和25年11月26~29日、北大理学部地質鉱物学教室の石川俊夫教授、化学教室の西村雅吉助教授、北野康助手と共にニセコ火山に属するチセヌプリの南麓馬場温泉湯沼附近の温泉調査を行つた。石川教授は地質学的調査を、西村助教授、北野助手は湯沼並に温泉の地球化学的調査を、筆者は地球物理学的調査を分担した。筆者の調査結果について簡単に報告する。

I. 概 況

馬場温泉は $N 42^{\circ}52'$, $E 140^{\circ}36'$ にあり、昆布青山温泉の北北西方4km, チセヌプリの南方2km のところにある。第1図は附近の略図である。幅200~300mの細長い谷が西から東に入りこんでをり、その奥の方に略々南北方向に長軸をもつた面積およそ4200 m^2 の湯沼がある。沼の面は海拔およそ558mである。湯沼のA地点には小川が流入し、BCの2個所から湯が流出してゐる。Cは沼から出て直ぐ2つに分岐して C_1 及 C_2 となり、 C_2 は湯本温泉の浴槽を経て川へ流入し、 C_1 は当時は直接川へ注いでゐた。湯沼には底の数ヶ所に湧出口が存在し SO_2 や H_2S を含んだ高温なガスを噴出してゐるらしいことは、その特異臭と水面の盛り上がりから推察される。特に図中 g_1 , g_2 に於ては著しい。又沼の南岸の g_3 に於ては同種類の高温な小噴気



第1圖 ニセコ馬場温泉附近の略図

孔が認められた。又湖中の噴気中心付近には球殻又は廻転楕円殻（これらには必ず1小孔がある）又は壺状の黄色な中空鱗状硫黄が浮游し湖底に熔融硫黄の存在を暗示する。登別の大湯沼にも同種の黒色のものがあることは田中館秀三博士に依り報告されてゐる。これに関して西村・北野両氏が詳細に報告される筈であるからこゝには述べない。沼の南岸から南西岸にかけて到る所土砂の中から噴気がありプツプツと低温なガスが逸出してゐる（図中点々で示した地域）。このガスは無臭で炭酸ガスであらうと思はれるが、これも西村・北野両氏の研究の結果明かになると思ふ。谷の北側にも川に沿つて同様な噴気地帯があり図中 G_1 で示した地点では川底から水面を持上げて著しく噴出してゐる。附近川水の水温は 7.7°C であつたが、これらのガス噴出口における水温又はガスの噴出してゐる水溜中の水温は何れも川水より低温で場所によつては 0.5°C （当時気温凡そ 0°C ）を示したところもあつた。

湯沼の水温は $64\sim 62^{\circ}\text{C}$ 位で濁つてをり強酸性泉である。ところが湯沼の北西岸と谷の北側及び北側の山の中腹には数ヶ所に湧出量の少ない微アルカリ性のほとんど天然状態の温泉又は微温泉が湧出してをり（土地の人はカルシューム泉と呼んでゐる）、その温度は湯沼近くの b_2 で $54\sim 56^{\circ}\text{C}$, b_1 は 57.2°C , b_3 では 63.0°C であつた。又谷の北側の b_4 では 20°C , b_5 は 19.2°C , b_6 では 14.1°C と沼から遠ざかると段々温度が低下して微温泉（この土地における微温泉と冷泉との境界温度は別報によれば 10.6°C である）となつてゐる。湯沼から僅かに数 m しか離れてゐない b_1 , b_2 , b_3 に於て湯沼とは全く異つた泉質の温泉が湧出してゐるのは甚だ興味が深い。又谷の南側に天然状態では何ら温泉やガスの湧出の徴候が認められないことも興味あることであり、或いは谷の北側の地下に谷に沿うて割目があり、湯沼に直接の関係なしに温泉やガスを湧出せしめてゐるのかも知れない。

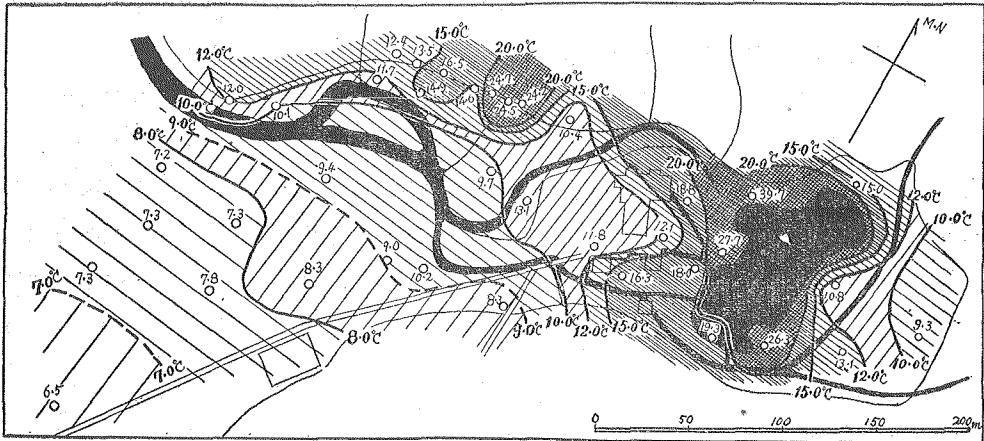
II. 1 m 深の地中温度分布

測定当時の気温は $-1\sim -3^{\circ}\text{C}$ で積雪は $10\sim 40\text{ cm}$ であつた。この谷の平らな部分に 38 の測点を選び 1 m 深の地中温度の測定を行つた。測定の方法は前報に述べたのと全く同様であるから略す。測点の位置は第 1 図中に I~VI の記号で示した地点にある標柱、枯木、独立樹、家角等を利用し prismatic compass により求め、これらの目標の位置は I~II の基線から求めた。第 2 図はかやうにして求められた 1 m 深地温の水平分布図で丸は測点の位置、数字は 1 m 深地温、曲線は 20°C , 15°C , 12°C , 10°C , 9°C , 8°C , 7°C の等温線である。この土地の緯度 $42^{\circ}52'$ で海拔 558 m に相当する 11 月末の normal な状態の 1 m 深地温の値を前報の第 1 表から求めると 7.3°C である。即ち、この谷の 1 m 深地温は谷の南西側を除き普通の状態よりかなり高めであることが判かる。特に湯沼の長軸の方向（南北）及び谷の北側一帯で高温であ

1) 田中館秀三；北海道火山湖研究概報，地学雑誌 37（大正 14 年），75。

2) 福富孝治；微温泉と冷泉との境界温度について，北大地球物理学研究報告 2（昭和 27 年），17。

3) 福富孝治；1 m 深の地中温度より温泉探査の可能性に就いて（I），北大地球物理学研究報告 1（昭和 26 年），21。



第2圖 馬場温泉附近における1m深の地中温度分布

白丸は測点、測点につけた数字は1m深の地温の測定値、太い実線又は点線は地温の等温線(20°C, 15°C, 12°C, 10°C, 9°C, 8°C, 7°Cが引いてある)である。

ることは12°Cの等温泉を見ればよく判かる。

前節に述べた様に高温な硫黄ガスの噴出口の分布、湯沼以外の温泉の分布、低温なガスの噴出帯の分布等から想像された地下の割目は、地温の分布を説明するにも甚だ好都合である。即ち、筆者はこの地域には湯沼の中央を通つて南北方向(湯沼とチセスプリを結ぶ方向に大体一致する)に湯沼の長軸方向に走る地下の割目と、谷の北側に沿つて西南西に延びる地下の割目と、2帯の弱線があつてこれに沿つて地下から前者は SO_2 、 H_2S 、 CO_2 を含む高温な水蒸気が噴出し、後者からは泉質の異つた温泉と CO_2 ガス等が湧出してゐるのであらうと考へてゐる。

II. 湯沼における水量と熱量との收支

11月26日湯沼に流入する小川及び湯沼から流出する小川についてその水量並に水温の測定を行つた。流入口A、流出口Bについては口の附近で傾斜の一樣なところを選び3m位の長さを一定幅、一定条件に直してこの中の1乃至2mの長さを流下する表面流速を測定し、断面積を測定して流量を近似的に推算した。 C_1 、 C_2 についてはバケツから溢れる時間を測定して流量を求めた。湯沼からの蒸発量は直径11.4cmの円筒状壁をもつアルミニウム製の容器に湯沼の水を8分目に入れて、これを湯沼の岸近くに90分間浮べその水深の減少から求めた。かくして求めた結果はAに於ける流入量は $V_1=518$ L/min., 流出量は(Bが202 L/min., C_1 は53.7 L/min., C_2 は72.8 L/min.) 総計 $V_2=329$ L/min., 流入水温は $\theta_1=8.5$, 流出水温は $\theta_2=62\sim 64^\circ\text{C}$, 蒸発量(沼全面積 $S=4.2\times 10^3$ m² に対し)は $V_3=147$ L/min.であつた。故に1分間に川から流入する水量の方が地表に見える流出や蒸発によつて失はれる水量よりも42立位多いことになり、即ち流入量の8%位過剰である。上の結果には測定の誤差も含まれてゐるから、水量だけから見れば大体Aから流入した川水が湯沼の中で熱せられ一部は蒸発し残部がB,

C から流出してゐるとも考へられるが、熱の収支の項に述べる様に湯沼の底からも相当量が湧出してゐると考へなければならぬから、これを説明するにはどうしても水の一部が湯沼の底や側壁から地中に浸透して谷の下方へ地下の岩盤と表層との間を流下してゐると考へるのが好都合である。

次に熱の収支を考へてみる。今単位時間を 1 分間にとつて、その時間に川の湯沼への流入量を V_1 、その水温を θ_1 、湯沼又はそれから流出する水の温度を θ_2 、湯沼の全面積からの蒸発量を V_s 、蒸発の潜熱を l 、気温を T 、湯沼の表面から Newton の冷却の法則に従つて熱が伝達されるものとしてその単位面積に対する放熱係数を K' (蒸発の影響を含まない値)、湯沼の表面積を S 、水又は湯沼の水の密度、比熱を夫々 ρ 、 c (密度、比熱は概算であるから温度に対する変化を度外視した)、湯沼の底から何等かの形で供給される熱量を H とすれば、定常状態に於ては流入水を θ_1 から θ_2 まで熱する熱量と、湯沼の表面から蒸発または熱の空气中への逸散によつて失はれる熱量とを地下からの熱によつて補給せられてゐると考へられるから

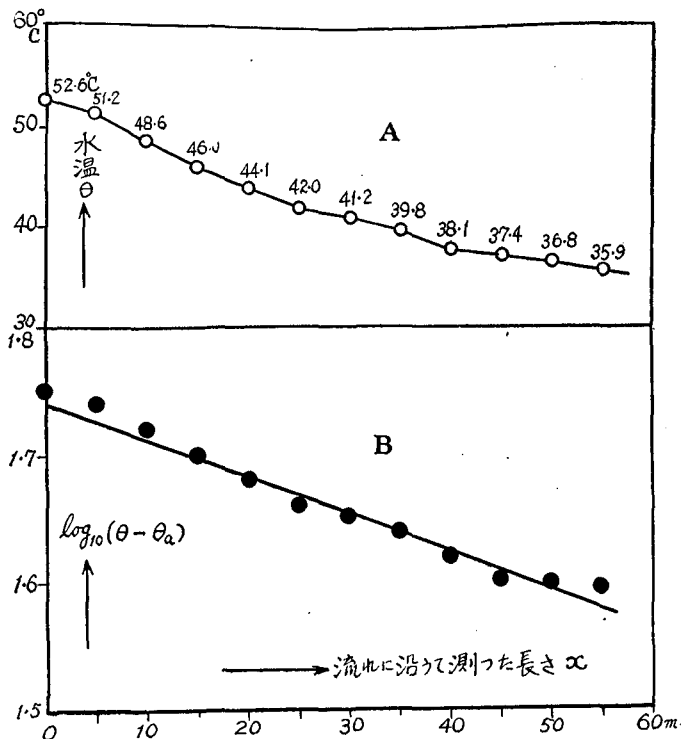
$$(\theta_2 - \theta_1)V_1\rho c + V_s\rho l + K'S(\theta_2 - T) = H \tag{1}$$

なる関係式が成立つ。

第 3 項の放熱係数が判らないのでこれを実験によつて推定する。流量の測定を行つたのと同じ日に、第 1 図中 C_1 で示した流路 (平均幅 $s=35$ cm, 平均深度 1.5 cm の略々矩形断面、流量 $q=53.7$ L/min. の水路)

の中途の 55 m の間で 5 m 隔てに水温を測定した。当時の気温は平均 $T=-3.7^\circ\text{C}$ であつた。この水温 θ を縦軸に初めの測温点から流れに沿つて測つた長さ x を横軸にとつて図示すれば第 3 図 (A) が得られる。

今この流路の単位面積から空气中への放熱係数を K とし、流路の水面の平均幅又は流路の下面の幅を s (流路は近似的にその断面が矩形で水深は幅の $\frac{1}{24}$ であつた) とし、流路の下の土の熱伝導度を k 、流路の下の土の中の温度傾度を g とすれば、 x 地点におい



第 3 圖 流路 C_1 に沿うて測つた水温の降下

て水温の変化する割合 $\frac{d\theta}{dx}$ は次式で近似的に与えられる。

$$\frac{d\theta}{dx} = -\frac{Ks}{q\rho c}(\theta - T) - \frac{ksg}{q\rho c} = -\frac{s}{q\rho c}\{K(\theta - T) + kg\} \quad (2)$$

右辺の第1項は空气中に放出された熱量(但し蒸発による水温低下をも含む)、第2項は地中へ伝導で逃去る熱量である。但し水路の水深は幅に比較して無視できるから横への熱逸散の影響は度外視した。今水路の下1mの地温はどこでも一定であるとしてこれを θ_g で表せば近似的には

$$g = \frac{\theta - \theta_g}{D} \quad (3)$$

で表はされる。但し $D=100$ cm, θ_g は第2図に於てこの流路附近の4つの測点の1m深地温を平均して $\theta_g=14.5^\circ\text{C}$ を採用する。(3)式を(2)式に代入すれば

$$\frac{d\theta}{dx} = -\alpha\{(\theta - T) - \beta\} \quad (4)$$

但し

$$\alpha = \frac{s\left(K + \frac{k}{D}\right)}{q\rho c}, \quad \beta = \frac{\frac{k}{D}(\theta_g - T)}{K + \frac{k}{D}} \quad (5)$$

である。(4)式の解は

$$\theta - T - \beta = (\theta_0 - T - \beta)e^{-\alpha x} \quad (6)$$

で与えられる。但し θ_0 は $x=0$ における θ の値である。

土の熱伝導度は理科年表によれば $3.7 \times 10^{-3} \left(\frac{\text{cal}}{\text{cm. sec. deg.}} \right)$ 位であるから $\frac{k}{D} = 3.7 \times 10^{-5}$, θ_g はこの場合 14.5°C , $T = -3.7^\circ\text{C}$, K の値は後に述べる様に 1.63×10^{-3} 位であるから、従つて β の値は 0.40°C 位になる。(4)式は第3図(A)の範囲では $56 \sim 40^\circ\text{C}$ で β の値は $(\theta - T)$ に比較して $\frac{1}{100}$ 以下で無視できるから(6)式は

$$\theta - T = (\theta_0 - T)e^{-\alpha x} \quad (6)'$$

とかける。従つて

$$\log_{10}(\theta - T) = \log_{10}(\theta_0 - T) - 0.4343\alpha x \quad (7)$$

となる。即ち、 $\log_{10}(\theta - T)$ を縦軸に x を横軸にとれば $\log_{10}(\theta - T)$ と x との間には負の直線の関係があるべきであり、この傾斜から α がきまる。実測値から $T = -3.7^\circ\text{C}$ として $\log_{10}(\theta - T)$ を計算して縦軸にとりこれに対応する x の値を横軸にとれば第3図(B)が得られる。図に於て $\log_{10}(\theta - T)$ と x との間には(7)式から期待される様に近似的には負の直線関係が存在するから、この直線の傾斜から α の値を求めれば $\alpha = 0.653 \times 10^{-4}$ が得られる。故にこの値を(5)式の α に代入し、 $s = 35$ cm, $q = 895$ cc/sec, $\rho = 1$, $c = 1$, $\frac{k}{D} = 3.7 \times 10^{-5}$ を代入して $\frac{K}{\rho c}$ の値を求めると、

$$\frac{K}{\rho c} = 1.63 \times 10^{-3} \text{c.g.s} = 9.78 \times 10^{-2} \text{cm/min.}$$

が得られる。

又筆者が會つて行つた海水面からの熱放散の実験値⁴⁾(この場合も熱放散のなかに蒸発の影響が含まれてゐる)を用ひることとし、観測当時の風速 3 m/sec に対して $\frac{K}{\rho c}$ の値を求めると

$$\frac{K}{\rho c} = 8.47 \times 10^{-2} \text{ cm/min.}$$

が得られる。

今こゝで上に述べた 2 実験の $\frac{K}{\rho c}$ 値を平均して

$$\frac{K}{\rho c} = 9.1 \times 10^{-2} \text{ cm/min.}$$

を用ひることとする。この場合には前に述べた様に蒸発の影響は放熱係数の中に含まれてゐるから、(1) 式の代りに

$$H = (\theta_2 - \theta_1) V_1 \rho c + KS(\theta_2 - T) \quad (1)'$$

を用ひなければならない。

(1)' 式に $\theta_2 = 64^\circ\text{C}$, $\theta_1 = 8.5^\circ\text{C}$, $\rho = 1$, $c = 1$, $V_1 = 518 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{min}$, $\frac{K}{\rho c} = 9.1 \times 10^{-2} \text{ cm/min}$, $S = 4.2 \times 10^7 \text{ cm}^2$, $T = -2.0^\circ\text{C}$ を代入すれば H の概値として

$$H = 2.9 \times 10^7 + 25.3 \times 10^7 = 28.2 \times 10^7 \text{ cal/min.}$$

が得られる。理解し易いため 1 瓦に対し 5000 cal. の発熱量をもつ石炭の量に換算してみると、56.3 kg/min. となり、即ち、約 18 分毎に 1 ton の石炭に相当する熱量が地下から湯沼に供給されてゐることが判かる。

斯様な多量な熱量は湯沼の底から熱伝導のみによつて与へられてゐるとは到底考へられない。何故なれば、今湯沼の底の A なる面積の地下に非常に高温な部分があつて熱を湯沼に供給してゐるものと考へてみることにし、その部分の岩石の熱伝導度を k' , 温度傾度を $\frac{d\theta}{dz}$ とすれば単位時間に湯沼に供給される熱量は $H = k' \cdot \frac{d\theta}{dz} \cdot A$ となる。故に $A = \frac{1}{2}S$, $k' = 5 \times 10^{-3}$ として代入してみると $\frac{d\theta}{dz} = 50$ となり、即ち湯沼の底の高温部の岩石中では 1 m の深さにつき 5000°C の温度上昇の割合があることになる。この値はあまりに大きすぎて不都合である。即ち、 H の原因はどうしても地下深所から上昇したガス又は水蒸気に帰すべきである。従つて、この熱源を SO_2 , H_2S 等のガスのみであるとすれば、これらのガスは考へてゐる圧力の範囲では状態を変へないので 1 瓦のガスが湯沼に与へる熱量は比熱と温度差との乗積にすぎないから、当然湯沼の表面から多量のガスが噴出してゐるべきであるが、かやうに多量なガスは実際には認められない。これを説明するためには、これらのガスに混じて主として水蒸気が地下から湯沼の底に噴出し、その液化の潜熱によつて湯沼の水を熱してゐると考へるのが最も適當である。かやうな考へから水蒸気の量を見積つてみよう。

湯沼の底からの熱伝導やガスの影響はこの場合考へない。地下深所から上昇した水蒸気が

4) 福富孝治; 海水の研究(第3報)沿岸海水の生成についての理論的考察, 低温科学 3 (1948), 131.

湯沼の底で $\theta_3^\circ\text{C}$ の温度を示したとし、その量を水に直した時の体積を単位時間に V_4 とすれば、これが湯沼の水に与へ得る熱量 H は

$$H = (\theta_3 - 100)V_4\rho c_v + V_4\rho l + (100 - \theta_2)V_4\rho c_w \quad (8)$$

で近似的に与へられる。但し、 c_v , c_w は夫々水蒸気及び水の比熱、 ρ は水の密度、 l は水の焔化熱である。

$$\therefore V_4 = \frac{H}{\rho\{l + c_w(100 - \theta_2) + c_v(\theta_3 - 100)\}} \quad (9)$$

$H = 28.2 \times 10^7 \text{ cal/min.}$, $\rho = 1$, $l = 539 \text{ cal}$, $c_w = 1$, $c_v = 0.46$, $\theta_2 = 64^\circ\text{C}$, $\theta_3 = 120^\circ\text{C}$ (鱗状硫黄が生ずることからみて、底にあまり遠くない所に熔融硫黄が存在すると考へられるから斯様に見積つた。この値が多少大きくなつても V_4 の order には影響はない。) として代入すれば $V_4 = 480 \text{ L/min.}$ が得られる。実際には沼底の岩石や H_2S , SO_2 等のガスによる放熱もあり、水蒸気量 (水に換算した体積) はこの計算値より少々小なる値を示す筈であるが、兎に角その量は川の湯沼への流入量に比較して数割に達する量になる。先に述べた様に川から湯沼へ流入する量は湯沼からの蒸発量と湯沼よりの流出量との和とその order は一致してゐた。従つて湯沼の底から水蒸気の供給を考へると川の流入量の数割に相当する流入量の過剰を生ずることになる。現在の研究の結果だけではその収支の不一致を充分説明できないが、恐らくはこの程度の水は湯沼から地下や側壁へ滲透してこの谷間一帯特に北側の地下の岩磐と表層との間を流下してゐるのではないかと考へてゐる。第 2 図に示した 1 m 深地温の 10°C 以上の面積が湯沼の南西方でかなり拡つてゐることなどもこの影響ではないかと思はれる。

この調査は僅か数日間の測定結果で未だ不十分な点が少ない。流入量と熱の収支の問題の如きは興味深い問題であり、特に季節による沼の面からの熱の放出や川水の流入の変化に伴ひ湯沼の水温特に流出温度に著しい変化が生ずることも考へられるので、将来充分な調査を行つてみたいと考へてゐる。

終りに臨み、この調査に際し、北海道庁林務部の方々、倶知安林務署の方々、湯本旅館織笠巖氏に種々援助をして戴いた。又本研究費の一部は文部省科学研究費に依つた。こゝに厚く感謝の意を表する。

4. On the Baba Hot Spring in the Niseko Volcanic Region, Hokkaido.

By Takaharu FUKUTOMI

(Department of Physics, Faculty of Science.)

Recently, we had an opportunity of carrying out some investigations on the Baba hot spring and a small hot lake "Yunuma" in the near Baba in the Niseko Volcanic Region, Hokkaido. There are some solfataras (g_1, g_2, g_3) at the bottom of the lake and at its shore and also many small moffetes in the dotted area in Fig. 1. The lake is indicates strongly acidic, but there are some hot springs of HCO_3^- -type at the shore.

We investigated the geographical distribution of the underground temperature at 1 m depth as shown in Fig. 2, and measured the discharges and temperatures of the streamlets which flow into and flow out of the lake. And, we calculated the total heat energy H which flow out of the bottom of the lake and got $H=28.2 \times 10^7$ cal/min..
