



Title	2. 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
Author(s)	福富, 孝治; FUKUTOMI, Takaharu; 藤木, 忠美 他
Citation	北海道大學地球物理學研究報告, 3, 23-40
Issue Date	1953-12-31
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.3.23">https://doi.org/10.14943/gbhu.3.23</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13795">https://hdl.handle.net/2115/13795</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_p23-40.pdf



## 2. 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

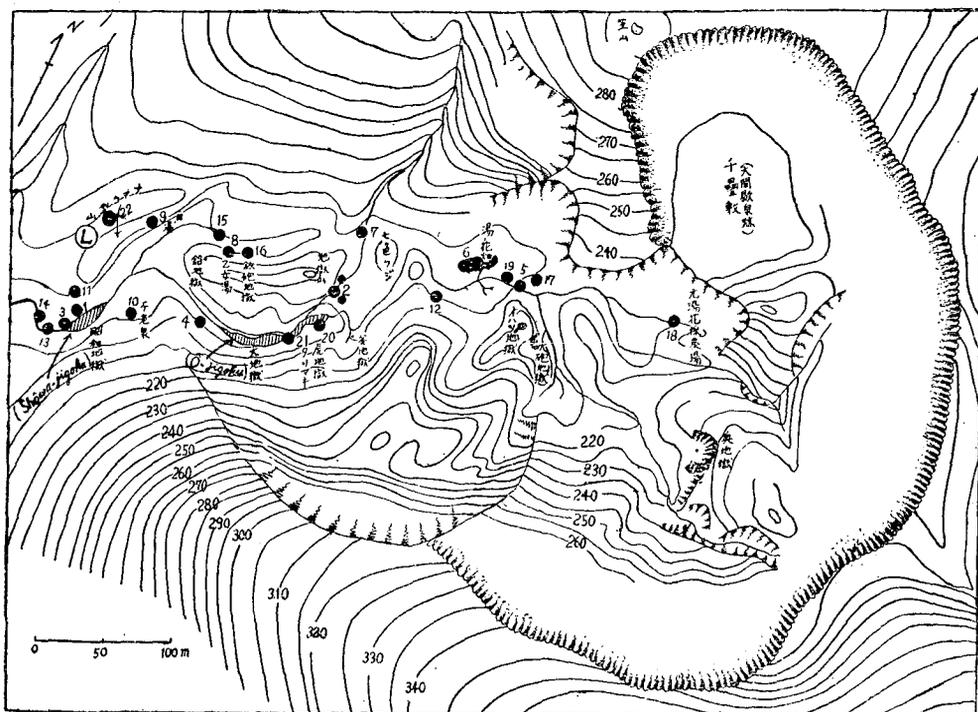
福富孝治・藤木忠美

(北海道大学理学部地球物理学教室)

—昭和28年10月受理—

### I. 序 言

登別温泉地獄谷は倶多楽火山西山の西麓に生じた爆裂火口であつて長径約450m、西方に開き、その内部に小爆裂火口<sup>1)</sup>を有し、複雑な形態をなしている。地獄谷には多くの噴気孔、硫気孔、温泉湧出口があり地獄谷から流出する温泉は強酸性である。地獄谷の温泉は温泉現象とし



第1圖 昭和25年9月頃から26年10月頃までに地獄谷に生じた新噴出口又は活動を再開した湧出口の分布(黒丸)(菅野岩尾氏に依る)、(地形は北海道河川課の測量図によつた、黒丸に付けた数字は第1表中の湧出口番号である。)

1) 鈴木醇, 石川俊夫, 石橋正夫; 登別温泉及び倶多楽湖, 北海道地質見学案内書2(昭和18年)。

ては若年に属するものでその変動が著しい。

昭和16年はじめて登別温泉地獄谷を見たときはその活動はかなり盛んで奥地獄、大砲地獄、虎地獄、大地獄等も活動的であつた。その後活動が衰え昭和25年6月見たときはその活動は非常に衰えていた。ところが昭和25年9月頃から地獄谷の西半部で活動が再開された。第1図中に黒丸で示した場所は登別温泉会社の管野岩尾氏が調査された新温泉噴出口又は活動再開口で、それに付けたアラビア数字は第1表中の番号である。その活動開始年月及びその水温を第1表に示した。

第1表 昭和25年9月頃から昭和26年10月頃までに生じた新噴出口  
又は活動を再開した湧出口(管野岩尾氏による)

噴出口 番号	活 動 開 始 年 月 日	備 考	噴出口 番号	活 動 開 始 年 月 日	備 考
1	25 II —	96°C	12	26 VIII 1	94°C
2	25 IX —		13	26 VIII 8	99.5°C
3	25 IX —		14	26 VIII 11	
4	25 IX —		15	26 VIII 13	
5	25 X —	99.5°C	16	26 VIII 13	鉄砲地獄活動猛烈となる
6	26 V —	90°C	17	26 VIII 27	間歇40分
7	26 V 20		18	26 VIII 27	96°C
8	26 V —	乙女湯やや活潑となる	19	26 IX 10	
9	26 VI —		20	26 X 1	
10	26 VII 26	94°C	21	26 X 1	
11	26 VII —		22	26 X 21	

これらの噴出口は筆者が観察したところでは盛んに熱水を噴出してはいるが、噴出口外に流出せしめている熱水の量は極めて少ない。当時地獄谷の東半部即ち奥の方の旧噴出口は活動は衰えていて、例えば奥地獄の如きは昭和25年2月頃より衰退し昭和26年10月頃から噴出は全く止つていた。

11月になると第1図中 NO.1, NO.10 附近の噴出口(昭和地獄)の活動が活潑となり、しかも活動が多少西方(市街地の方向)へ移動の傾向も見られる様になつたので、登別温泉の属する幌別町から北海道庁を通じて調査方の依頼があつた。それで11月8日から3日間北大地質鉱物学教室の石川俊夫教授と共に調査を行つた。その後昭和地獄は昭和27年1月5日頃水蒸気の上昇が勢よくなり1月10日頃からその活動は益々活潑となり1月18日と28日には小噴出が起つた。特に1月28日にはその活動が最高潮に達したようである。2月5日頃と3月19日頃とに再び調査を行つた。これらの調査の結果をとりまとめて以下に報告する。その後第4図の高温地帯の東端、間歇泉附近に小噴出口を生じたが、その頃から活動は漸次衰え活動再開以来約2ヶ年間の活動の後現在(昭和28年10月)では静穏状態に戻つているようである。

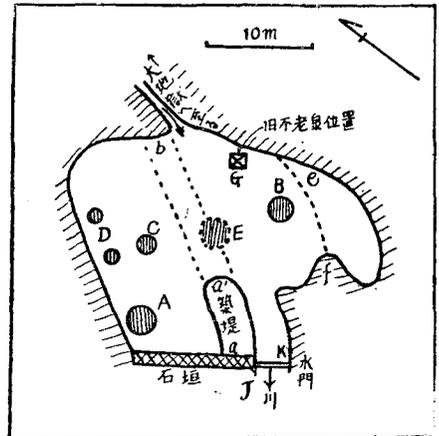
## II. 昭和26年11月～27年3月における昭和地獄の活動状況

第2図は昭和27年2月5日頃における昭和地獄の見取図である。Gは元不老泉の位置で、Jは温泉取出の管口、Kは不必要のとき温泉を川へ出す流出口、aa'は築堤の残骸、A、B、C、D、Eは夫々昭和25年2月、26年7月26日、11月12日、12月7日、27年1月29日に出来た噴出口で、これらの噴出口は2月5日にはいずれも水面下にあり、A、B、Eが水面の噴騰により認められた。

11月10日頃はA及びBが少々活動状態にあり、大地獄の方から流下した水はAの附近とabefaで示される面積内に流入してこれから温泉取出口Jを経て温泉タンクに入っていた。管野氏ほか土地の人の話を総合すれば其後の活動状況は次の様であった。11月12日小噴口C(直径1.5m)が出現したが

11月17日頃には噴騰するようになり大きさも径3m位に拡大した。12月7日頃Dの2噴口が出現し20日には附近は水深1m強となり、小指大から親指大の小石を高さ3m位周囲へ5m位飛ばしたという。その後は水蒸気及びガスの噴出のみであつたが、27年1月になるとその勢が漸次増し1月10日頃は水蒸気の噴出が猛烈となつた。1月18日には小噴出があり、その日には震源不明の微震が感ぜられたという。21日にも小活動があり卵位の小石を10m位横3m位の高さに飛ばしたという。噴口はやや大きく0.5m位深くなり、乾いており白色の水蒸気を出し多少SO<sub>2</sub>臭があつたという。26～27日頃かなりの降雪があつたが、27日には噴騰物まぐり泥水を吹上げ泥霧を降し、附近の木には樹氷を生じたため倒木が起り惨憺たる光景を呈したという。第3図(写真)は第一滝本旅館井上晴夫氏が撮影された当時の状況である。28日には拳大の小石を吹上げ小砂泥粉を150～250mの距離まで飛散させ湯気は附近の山より高く上つた。それは海岸方面からも望見されたので幌別の消防団が馳せつけた程であつた。28日夕温泉取出口の温泉温度が92°Cから70°Cに低下し水蒸気分量が減少した。29日には昭和地獄の中央に大噴口Eが出来たことが認められ、中央部の築堤abが切れて一面の温泉池となつた。又不老泉寄り約30m<sup>2</sup>の面積が欠壊しその浪のため堰堤及び取入口笠石を流失し温泉は川へ流出した。水温は上昇し90°C以上となつた。31日には不老泉寄り手山(図中ef以南?)が欠壊して池の面積を拡大し、石垣凡そ5mが陥入した。

その後はあまり大した変化はなかつた。筆者らが2月5日現地に行つたときは、前に述べた様にA、B、E附近で水面が0.5m位噴騰しているのが湯気の間に見られた程度であつた。昭和地獄から噴出したと思われる細泥はその北東方向50m位で3～8mmの厚さであり北方200m



第2図 昭和27年2月5日頃 昭和地獄の見取図

位隔たつた場所でも雪の層を切つて見ると泥の細い線が認められた。筆者が調べたところでは昭和地獄から飛出したと思われる小石は西方 49 m の所にあつた拳大の小石が最遠のものであつた。この地点は大抵昭和地獄と同高度と思われる場所であつたから

$$v_0^2 = x_m g \quad (1)$$

によつて噴出時の噴出口における小石の初速度  $v_0$  を求めてみた。但し、 $x_m$  は小石の飛んだ水平最大距離、 $g$  は重力の加速度で、 $x_m$  は飛びだした時の角が水平から  $45^\circ$  であつたときの到達距離である。 $x_m = 49$  m、 $g = 980$  cm/sec<sup>2</sup> とすれば  $v_0 = 22$  m/sec 位となる。

又噴出時の圧力  $P_0$  は松沢博士によれば

$$P_0 = \frac{1}{2} \rho v_0^2 \quad (2)$$

で与えられる。但し  $\rho$  は飛んだ石の密度である。今  $\rho$  の値を 2.0~2.6 とし、 $v_0$  に上の値を入れると噴出時の圧力  $P_0$  として 5~6 気圧という値が得られる。この噴出はおそらく 1 月 28 日に起つたものであろうと思う。浅間山の噴火では爆発時の圧力が 500 気圧位であることが知られているがそれに比較すれば  $\frac{1}{100}$  程度のものであり、噴出の原因である温泉又は水蒸気の貯溜の深さもおそらく 50~60 m 以下の地下浅い所であつたと思われる。又この圧力に対する過熱水蒸気の温度は 150~160°C であるから、此度の地獄谷の活動の際に地下深所から上昇して来た温泉又は水蒸気の温度は少くとも 150~160°C の温度であつたと思われる。

昭和 27 年 3 月 19 日頃の昭和地獄の活動状況は 2 月 5 日頃より多少衰えた程度であつたように思う。

### III. 地獄谷における 1 m の深さの地温分布

第 I 回調査の際昭和 26 年 11 月 8 日に地獄谷内部から登別温泉街にかけて 76 の測点において 1 m 深の地中温度の測定を行つた。測定方法は別報に述べたのと全く同様であるから略す。第 4 図はその結果を図示したものであるが、黒丸は測点位置で、それに付けた数字は測定された地温の値である。即ち、地獄谷の中では非常に高温でかなり広い面積がこの土地の高度に対する水の沸騰点 99.3°C に近い。場所によつては 101°C にも達し過熱状態のところもある。判り易くするために 90° 及び 20° の等温線を引いた。90° の等温線は地温の測定値の外に水蒸気の噴出箇所をも参考にして引いてある。

この土地（緯度 42.5°、高度 200 m）の 11 月 10 日に相当する普通の場所の 1 m 深地温は前報によれば 10.9°C である。即ち、地獄谷一帯の地域は普通の状態よりは非常に高温で筆者らの経験ではかような高温な場所は那須湯本温泉の賽の河原で認めただけであつた。第 4 図及び

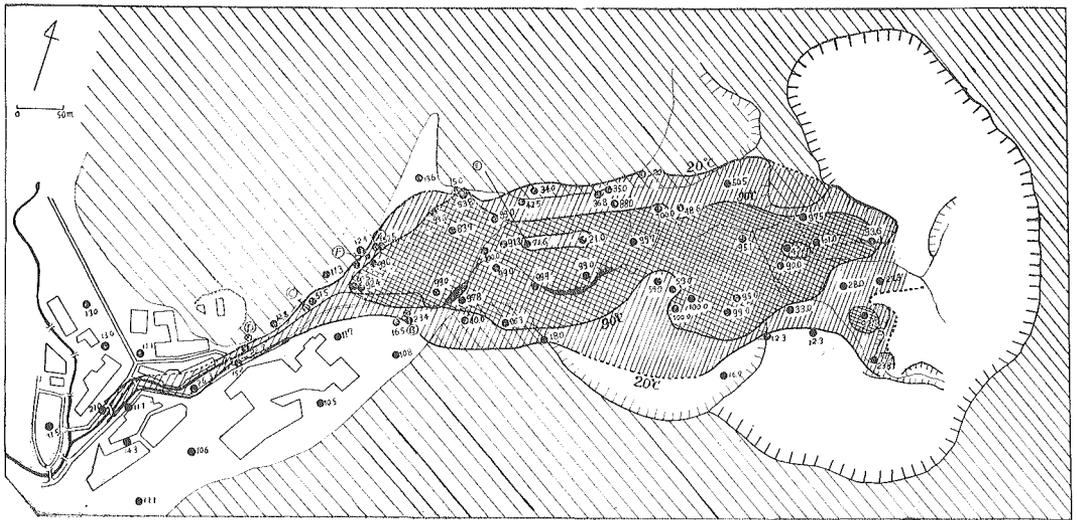
2) T. MATUZAWA; Gasdruck bei einigen vulkanischen Ausbrüchen in Japan, 東大地震研究所彙報 11 (1933), 347.

3) 福富孝治; 1 m 深の地中温度より温泉探査の可能性について (第 1 報), 北大地球物理学研究報告 1 (1951), 21.

4) 3) と同じ



第3圖 昭和27年1月26日における登別温泉地獄谷中の昭和地獄の活動状況，上図手前の木は噴出の水蒸気と寒気により樹氷を生じ転倒せるもの。(井上晴夫氏撮影)



第4圖 昭和26年11月8日頃の登別温泉地獄谷内部及び附近の1m深地中温度の地理的分布図（黒丸は測点位置，黒丸に付けた数字は1m深の地中温度の値（摂氏））

1 m 深地温の測定において気付かれた主な事柄は次の様である。

(1) 1 m 深の地温が  $90^{\circ}\text{C}$  以上の地温の非常に高い範囲が幅が平均して 120 m 位で  $\text{S } 70^{\circ}\text{W}$  から  $\text{N } 78^{\circ}\text{E}$  の方向に帯状をなして 440 m 位連なっていること、又この高温帯の延長 2.7 km 位で倶多楽湖の湖心部に達すること。

(2) 地獄谷の高温部では概して地形や土地高低に関係なく地温が高いこと。

(3) この  $90^{\circ}\text{C}$  等温線と  $20^{\circ}\text{C}$  等温線間の面積が  $90^{\circ}\text{C}$  以上の面積と比較して案外に狭く、即ち高温部の縁では地温の水平方向の傾度が大きく地温が急激に水平方向に低下していること。

(4) 地獄谷の奥の方、奥地獄附近は数年前までは活動的であつたのが、現状では活動も衰微し地温も低下しているに反し、新しく地獄谷入口の方へ高温部が拡つていること。特に地獄谷入口の北方第 1 図、第 4 図に L で示したナマコ型の小山は樹木で覆われているが、その地温は大部分  $90^{\circ}\text{C}$  以上の区域に入つていること。

(5) 地獄谷内の凹地又は低地においては 1 m 深の細孔をあける際、次の様な構造であることが多くの場所で気付かれた。即ち、地表から 10~30 cm 位は温泉沈澱物等で非常に緻密で固いがそれ以下 50~60 cm はほとんど空洞に近い状態でその下には温泉作用によつて生じたと思われる青泥がありその面は温泉水位とほとんど一致し、青泥の間からプツプツと水蒸気又はガスが噴出している。従つてかような土地は非常に危険であり、一旦表層が陥没すれば中は恰も口の小さい丸型の花瓶の口から中を覗いた様な構造が見える。現在第 1 図中湯花畑附近にある数個の陥没穴でこの状態をよく観察することが出来る。

以上の事実から次に述べるような事柄が推察される。

$90^{\circ}\text{C}$  以上の高温部にはあちらこちらに沸騰現象や水蒸気の逸出が行われている場所があり、その地帯の地下が極めて高温であることは推察されることである。又これが帯状をなしていることは地獄谷の基盤のこの帯状部の地下にはこの長軸方向の割目が存在し、この割目から高温な水蒸気及び  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等のガス又は沸騰点に近い温泉が噴出して、これが地獄谷を埋めている火山破砕物や沈澱物中の弱い部分を通つて地表へ多少拡がりながら逸出していることを示すものと思われる。この割目を延長すれば前に述べたように倶多楽火山の旧噴火口の中央（厳密にはカルデラの中心部）に達することは地獄谷が倶多楽火山の中心を通る一放射状裂罅の上に生じた爆裂火口であることを示すものと思う。又高温部では地温が地形にほとんど無関係であることや、高温部の周縁で地温が急に低下していることは地下の熱源がこの部分では主として水蒸気又はガスであることを示すように思われる。

次に地獄谷高温部の表面近くの構造や、小池状の噴出口に於て水面が噴騰しているのに多くの場合それから外部へ流出する温泉が案外微量に過ぎないことは、硬い表層下の空洞又は空隙の多い地層を通じて温泉が水平方向に流動し、恰も自由水面地下水と同様な機構を呈して地獄谷の低地の表面を流れる湯の川とも連絡しているものと考えられるのである。

第4図において地獄谷の南西方街の部分では地温が川に沿つて稍々高めである。この部分の川の水温は上流から湯が流れているために30~50°C位の温度を示しているのでこの影響であるとも思われるが、又川に沿つて間歇泉其他2~3の温泉湧出口もあり諸所に鑿井によつて70°~98°Cの泉温の温泉が湧出しているから、このどちらの影響であるか現在の調査の範囲では判らない。

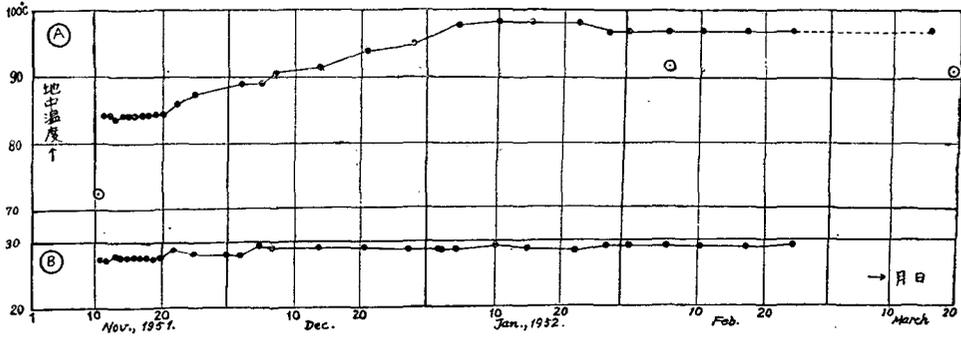
昭和27年2月5日第II回調査を行つた。この1-m深地温測定結果についての詳細は略すが、注意すべきことは第I回の場合と比較して90°C以上の高温部中谷の奥の方の末端が長軸方向で50m位が温度低下し、地獄谷入口の方の高温部の先端(ナマコ型小山の西方縁)が10m位長軸方向に延長し、全体として高温部が少し長軸方向(S78°W)へ移動した傾向が見えたことである。3月19日第III回目の調査を行つた。この際は測点の数が少くあまり判然としたことは判らなかつたが、第II回と大差なかつたようである。ナマコ型小山の西方権現沢には幅0.5m位の小川が流れているが、この水温は題目石の少し下流第4図中F地点で第I回の調査の際は27.0°Cで異変以前と比較して多少温度が上昇していたのが、第II回目には31.7~37.0°Cに達し、第III回目では32.3°Cであつた。この場所は高温部の先端が低温部に推移する中間に丁度当つているので、この高温部先端の移動の状態を示すものと思われ興味がある。

#### IV. 地獄谷入口の高温部先端附近の地温の時間的變化

活動中心の昭和地獄は地獄谷入口に極めて近い場所であり、地獄谷入口の南西方には近く人家があつて街に続いているので、活動が南西方に移動するようなことが起りやすいか或は爆発でも起るのではないかと土地の人々の心配があつた。従つて第I回の調査の際、1m深地温の分布の結果によつて、高温部の地獄谷入口の方の先端附近で1m深地温の90°Cと20°Cの等温線の間中の温度を示し、しかも水平温度傾斜の大きいと思われる地点4箇所(第4図中にA, B, C, Dでその位置を示した)に2m乃至3mの長さの鉄管を地中に打込み、当分の間その底部の地温の測定を続けて移動又は活動の消長を調べることにした。場所を20°Cと90°Cとの中間の地温を示すところに選んだのは高低何れに変化してもかなり敏感にその変化を知りうる筈であるからである。鉄管の口には測定するとき以外には蓋をし測温は最高寒暖計に依つて行つた。測温は登別温泉株式会社の管野岩尾氏の好意により同氏に依頼し、最初は毎日1回としたがあまり急な変化は見られなかつたので後には1週間1回とした。測定は26年11月11日から27年3月16日まで続けられた。

その結果は測点A(ナマコ型小山北方、管長3m)を除いて殆ど見るべき変化はなかつた。第5図には測点A、測点B(地獄谷入口写真小屋裏、管長2m)における地温の時間的變化を示した。

測点Aにおける地温変化には図のようにかなりの時間的變化が現われている。かような地温の上昇は活動中心の移動又は活動自体の増強によつて起る筈である。この場合前に述べた様に



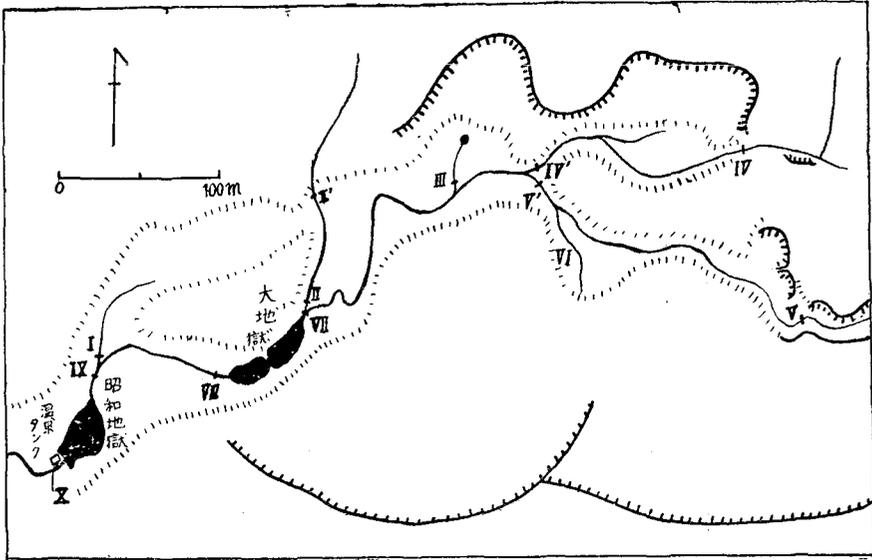
第5圖 測点A及びBにおける地温の時間的变化

活動区域の移動も少しは起つてはいるので何れの影響であるかはつきりは判らないが、後に述べる様に地獄谷全体の活動の変化特に昭和地獄の活動状態にも可成り関係しているようである。例えば地獄谷入口に近い昭和地獄より流出している温泉の温度(第2表中Xの水溫参照)を参考のために第5図中に二重丸で示したが、その温度変化と測点Aの地温変化と関係があるように見えるし、昭和地獄の最も活動の盛んであつた時期は第II章に述べた様に測点Aの地温が最大値を示した時期乃至その直後に起つていることとも大体一致している。

V. 地獄谷の地下から湧出する水蒸気及び温泉の分量並に總熱量の概値

次に地獄谷の地下から湧出する水蒸気及び温泉の分量並に總熱量を求めるために次の測定を行つた。

地獄谷の表面には第6図中に示した湯の川があり、極く微小なものを除けばI~VIで示した様に6つの支流があり、その中IVとVは地獄谷の東方の外からIIとVIとは地獄谷の周縁から地獄谷に流入している。これらは漸次合して諸所に小池状



第6圖 地獄谷を流れる温泉の川と流量・水溫等の測定場所(I~X)

の所謂地獄を作りながら流下し、大地獄、昭和地獄を経て地獄谷の入口では1本の川となつて流下する、このほとんど全部は地獄谷入口の温泉タンクを経て旅館浴槽に引湯されている。この小川の流量、水温等については昭和14年から2~3年に亘つて北大理学部地質学鉱物学教室の鈴木醇教授、石川俊夫教授、石橋正夫教授により断続的に測定されたことがあり、その詳細は未だ発表されていないが、簡単に報告されたものがある。<sup>5)</sup>

筆者らはIV、Vについてはなるべく地獄谷の周壁の近くでその流量、水温を測定し、その他の支流及び本流の数個所で流量、水温を測定した。その測定場所は第6図中にローマ数字で示した。流量の測定は堰又は滝のある場所ではそれを利用し容量の既知のバケツに満水する時間を測つて求め、その他の場所ではなるべく流路が一樣な傾斜で一樣な断面が数m続いているような場所を選び、その断面積を求め、且つ流速は水深の大きい場合にはプライス型の流速計を用い、浅い場合には水面に木片を浮べて一定距離を流下する時間を測つて求めた。

この結果を第2表に示した。

第2表 地獄谷を流れる川の各点における流量、水温の測定値

測定年月日 測定場所	第I回調査 (昭和26年11月10日)		第II回調査 (昭和27年2月5日)		第III回調査 (昭和27年3月19日)		備 考
	流量 L/sec	水温 °C	流量 L/sec	水温 °C	流量 L/sec	水温 °C	
I (目の湯方面小川の入口)	6.1	51.3	(1.0)	—	4.0	48.4	支流面積 $S=370\text{ m}^2$ (IIの流入点より上流でIとIIIを含まない値)、I+IIIの面積 $S=30\text{ m}^2$ 。
II (大地獄の上流に流入)	0.3	19.7**	1.4	59.0	1.0	57.8	
III	3.6	72.5	微	—	微	—	
IV	11.3	16.2	6.1	10.8	10.1	12.0	
IV'	—	38.1	—	—	17.3	38.5	
V	13.0	12.8	11.6	11.0	15.6	9.9	
V'	—	—	—	—	22.3	33.4	
VI	0.4	18.7	0.7	16.0	微	18.0	
$\Sigma$ (II+IV + V + VI) = $V_1$	(24.9)	(14.5)*	(19.8)	(14.3)*	(26.7)	(12.5)*	
VII (大地獄の直ぐ上流)	—	—	29.6	46.0	26.8	45.3	$S=960\text{ m}^2$ (但しIIIの流入点より下流の値、昭和地獄を除き支流I、IIIを加えた値、大地獄 $S=360\text{ m}^2$ 昭和地獄 $S=300\text{ m}^2$ (但し、この値は第II、第III回調査の場合であつて第I回の場合はこの凡そ1/2であつた)
VIII (大地獄の直ぐ下流)	—	—	47.0	84.3	(43)	85.4	
IX (Iの合流点と昭和地獄の間)	53.4	78.7	48.0	68.0	47.1	71.6	
X (昭和地獄の下手)	—	72.5	72.6	91.8	59.0	90.7	
平均気温		9.6		0		3	
本流平均温度		55.5		69		68	

註：括弧中の数字は計算値、\*は加重平均、\*\*上流にての測定値 (II')

5) 1)に同じ。

この川の水は流れ下る途中で地下からの高温な水蒸気、ガスで熱せられ或は高温な温泉と混合して漸次温度が上昇しているが、昭和地獄の第 I 回調査の場合には第 II, 第 III 調査の場合と異なり昭和地獄の手前では  $78.7^{\circ}\text{C}$  であつたのが昭和地獄から流出する場合には  $72.5^{\circ}\text{C}$  で温度が低下していた。これは後に述べる様に第 I 回の場合には昭和地獄の地下から湧出する水蒸気及び高温な温泉の量が微量で、大気中への蒸発や熱伝達によつて水温の低下をきたしたものである。この様に考えれば昭和地獄の本格的活動は第 I 回と第 II 回調査との中間、恐くは前に述べた様に昭和 27 年 1 月末頃からであつたと思われる。

第 I 回調査の際 IX 測点において直径 19.9 cm の円筒形ブリキ製の器にその場所の川水 1,500 cc を入れ川水 (水温  $78.7^{\circ}\text{C}$ ) に浮べて蒸発量を測定したのに 45 分間に 310 cc 減小した。即ち、この場所の川水からは  $3.7\text{ cc/m}^2, \text{sec}$  の割合で蒸発が行われていたことが推察された。但し当時の気温は平均  $9.4^{\circ}\text{C}$ 、風速  $1\sim 2\text{ m/sec}$  であつた。全く同様に水温が平均  $36^{\circ}\text{C}$  位の場合についても実験を行つたが蒸発量は無視出来る程度であつた。又第 II 回調査の際に行つた同様な実験では水温  $65.6^{\circ}\text{C}$ 、気温  $0^{\circ}\text{C}$ 、風速約  $3\text{ m/sec}$  で蒸発量は  $2.2\text{ cc/m}^2, \text{sec}$  であつた。川水面の面積を正確に測定することは困難であるが、蒸発の影響は以下に述べる様に小であり従つて概値で充分であるから、諸所で流幅を目測し、川の長さは北海道庁河川課の測量図から求め、表面積を計算した。ここで支流としては III と本流との合流点から上流で流量の測点までの間をとつた。本流としては III の合流点から測点 X までとした。その結果は第 2 表中に示した様に支流水面積  $S=400\text{ m}^2$ 、昭和地獄を除いた本流水面積  $S=930\text{ m}^2$ 、支流 I+III は  $S=30\text{ m}^2$ 、昭和地獄は第 1 回調査では  $S=150\text{ m}^2$ 、第 2 回第 3 回目は  $S=300\text{ m}^2$ 、大地獄は  $S=360\text{ m}^2$  と概算された。第 2 表に見られる様に支流では I 及び III を除き、湧出量について加重平均した水温は  $12^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$  であり最下端の II の合流点においても  $40^{\circ}\text{C}$  以下であるから上の蒸発に関する実験から、蒸発量は無視できる。従つて本流の面積と支流 I 及び III の面積と  $960\text{ m}^2$  に対し上の実験の水温  $65.6^{\circ}\text{C}$  に対する蒸発量  $2.2\text{ cc/m}^2, \text{sec}$  を乗じて蒸発量として  $2.1\text{ L/sec}$  を得た。又昭和地獄に対しては  $78.7^{\circ}\text{C}$  に対する蒸発量  $3.7\text{ cc/m}^2, \text{sec}$  を用いて蒸発量を第 1 回は  $0.6\text{ L/sec}$ 、第 2 回、第 3 回は  $1.1\text{ L/sec}$  と見積つた。

今地獄谷の外又は周縁から地獄谷へ流入する冷流水量を  $V_1$ 、地獄谷から流出する温泉水量を  $V_3$ 、地獄谷の地下からこの川に流出する水蒸気及び温泉の水量を  $V_4$ 、川の表面から蒸発する水量を  $V_2$  とすれば

$$V_4 = V_3 + V_2 - V_1 \quad (3)$$

なる関係がある。

第 3 表は第 2 表中の  $V_3$  及び  $V_1$  の値と上に述べた  $V_2$  の値とを (3) 式に入れて地下から湧出した水量  $V_4$  を求めた結果である。又大地獄、昭和地獄に対しても同様に (3) 式の関係を用いて地下から湧出する水蒸気及び温泉の水量を求めた。第 3 表中括弧内の数字は昭和地獄を除外した場合の諸水量である。

第3表 地獄谷の地下から湧出する水蒸気及び温泉の水量の推定値

	第 I 回 調 査 (昭和26年11月10日) L/sec	第 II 回 調 査 (昭和27年2月5日) L/sec	第 III 回 調 査 (昭和27年3月19日) L/sec
$V_1$ (冷 流 入 量)	24.9	19.8	26.7
$V_2$ (蒸 発 量)	2.7 ( 2.1)	3.2 ( 2.1)	3.2 ( 2.1)
$V_3$ (流 出 量)	- (53.4)	72.5 (48.0)	59.0 (47.0)
$V_4$ (地下よりの湧出量)	- (30.6)	55.9 (30.3)	35.5 (22.4)
{ 昭 和 地 獄 { 大 地 獄 { そ の 他 }	-	26.1	13.1
	30.6	18.2	17.0
		11.6 } 29.8	5.4 } 22.4

昭和 13~16 年頃断続的に行われていた鈴木、石川、石橋教授の測定結果によれば地獄谷入口現在の昭和地獄下手の温泉タンクにおける流出量は平均状態で 30~35 L/sec であつた。然るに此度の測定においては 54~73 L/sec で著しく流量が増加している。しかも此度の測定前には大した降雨もなかつたことからみて此度の変動において地獄谷の地下特に第 3 表から判る様に昭和地獄、大地獄の下からの水蒸気及び温泉の湧出量が増加したように思われるのである。これは第 II 回調査の場合に顕著であつた。

次に地獄谷の地下から噴出する総熱量  $H$  の概値を推定してみよう。但しここでは熱量は  $0^\circ\text{C}$  を基準として測つた値を用いることとする。これは 3 回の調査において気温が夫々異つていたので比較に便利なためである。従つてこの値は外気に対してもつ熱エネルギーではないことは注意すべきである。

先づ地下から地獄谷の川へ出ている熱量  $h_4$  を求める。いま地獄谷外又は周縁から川によつて地獄谷に運びこまれた熱量を  $h_1$ 、地獄谷の入口から温泉として流出した熱量を  $h_3$ 、川の面から蒸発又は空気への熱伝達で失われた熱量を  $h_2$  とすれば、地下から川へ供給された熱量  $h_4$  は次式で与えられる。

$$h_4 = h_3 + h_2 - h_1 \tag{4}$$

しかるに、川の面から単位時間に蒸発の影響を含めて熱伝達で空气中に放出される熱量  $h_2$  は近似的に

$$h_2 = KS (\theta - \theta_a) \tag{5}$$

で与えられる。 $K$  は放熱係数で前報によれば  $\frac{K}{\rho c} = 9.1 \times 10^{-2} \text{ cm/min} = 1.52 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$  で  $\rho$ 、 $c$  は夫々水の密度、比熱である。 $S$  は川の表面積、 $\theta_a$  は気温、 $\theta$  は水温である。

又流入水の水温を  $\theta_1$  流出温泉の温度を  $\theta_3$  とすれば

6) 福富孝治；ニセコ馬場温泉に就いて，北大地球物理学研究報告 2 (昭和 27 年)，23，

$$h_1 = V_1 \theta_1, \quad h_3 = V_3 \theta_3 \quad (6)$$

である。

今放熱の影響を考える際には支流に対しては水温は第2表に示した流入水の加重平均値、本流に対しても第2表に掲げた平均値、気温も表に示した値を用い、 $S$ の値も表に示したように支流に対しては $S=370 \text{ m}^2$ を、本流(昭和地獄を除く)に対しては $S=960 \text{ m}^2$ を用いた。昭和地獄に対しては水温は昭和地獄流出口の値を用い、別に計算を行った。

$\theta_1$ の値としては平均気温を用いた。これは地獄谷内の測定値は多少とも地獄谷内の地温の影響が及んでおり、充分上流では気温に近い値となると考えられるからである。又 $\theta_3$ の値は第2表中X測点の水温を用いた。斯様にして計算した $h_1, h_2, h_3, h_4$ の値を第4表に示した。

第4表 地獄谷の地下から川へ出る熱量

測定年月日	第I回調査 (昭和26年11月10日) cal/sec	第II回調査 (昭和27年2月5日) cal/sec	第III回調査 (昭和27年3月19日) cal/sec
$h_1$ (川により運びこまれた熱量)	$\times 10^5$ 2.4	$\times 10^5$ 0.0	$\times 10^5$ 0.8
$h_3$ (温泉として運び出された熱量)	— (42.0)	67.0 (32.7)	53.5 (33.6)
$h_2$ (川の面から蒸発又は熱伝達で 空气中に放出された熱量)	8.6 (7.0)	15.1 (10.9)	14.1 (10.1)
$\left\{ \begin{array}{l} h_2' \text{ (支流から)} \\ h_2'' \text{ (本流から)} \\ h_2''' \text{ (昭和地獄から)} \end{array} \right.$	0.3 6.7 1.6	0.9 10.0 4.2	0.6 9.5 4.0
$h_4$ (地下から川へ出る熱量)	(46.6)* (46.6)	82.1 (43.6)	66.8 (42.9)
昭和地獄	(0)*	36.5	23.9
大地獄	46.6	30.4	29.0
その他		13.2	13.9
大地獄	$h_1$	—	12.2
	$h_3$	—	36.7
	$h_2$	2.3	4.5
	$h_4$	—	29.0
昭和地獄	$h_1$	—	33.7
	$h_3$	—	53.5
	$h_2$	1.6	4.0
	$h_4$	—	23.8

前に述べた様に第I回調査では昭和地獄の出口で流出量の測定を行わなかつたので、地獄谷の地下からの湧出量従つて熱量の算出はできない訳であるが、昭和地獄の流入口の水温は $78.7^\circ \text{C}$ で流出口では $72.5^\circ \text{C}$ で昭和地獄の第I回調査ではむしろ他の場合と逆に流出口で水温が $6.2^\circ \text{C}$ 低下していたのである。この場合の昭和地獄の表面から空气中に熱伝導及び蒸発で失わ

れる熱量は凡そ  $1.6 \times 10^5$  cal/sec であるが、若しこの場合昭和地獄の地下からの湧出がないと仮定すれば流入水（水量 53.4 L/sec）が流出するまでに失った熱量は  $6.2 \times 53.4 \times 10^5 = 3.3 \times 10^5$  cal/sec で、空気中に失われた熱量とその前は一致している。もう少し厳格に言えばこの場合昭和地獄の地下から  $78.7^\circ\text{C}$  より低温の温泉が多少湧出していたと考えなければならぬ。兎に角、ここでは昭和地獄の第 I 回調査の場合の地下からの湧出量及び熱量は微量でその影響は無視出来るものと考えて第 4 表中の地獄谷の地下から川へ出る熱量を計算した。但しこの値には括弧に \* を付けて表わしておいた。

次に地獄谷一帯の地表から空気中に放出される熱量  $h_5$  の概値を求める。地温の E 測点（第 4 図中 E）に於て 1 m 及び 0.5 m の深さの地温を測定したのに夫々  $71.3^\circ\text{C}$ ,  $43.3^\circ\text{C}$  を得た。この場合平均気温は  $9.5^\circ\text{C}$  であつたが、地表面では平均気温に等しいとすれば、これらの地温は深さに対し近似的には直線的に増加していたことになる。従つて地獄谷の全地域でかような関係が成立つていたものと仮定し、その地表温度を平均気温と見做した。そして 1 m 深地温測定の結果から  $90^\circ\text{C}$  以上の面積  $A_1$ （例えば第 I 回調査では  $A_1 = 5.70 \times 10^4 \text{ m}^2$  である）と、 $20^\circ\text{C}$  と  $90^\circ\text{C}$  の等温線の間面積  $A_2$ （第 I 回調査では  $A_2 = 4.77 \times 10^4 \text{ m}^2$ ）とを求め、 $A_1$  の面積では地下 1 m の地温は  $95^\circ\text{C}$  と見做し、 $A_2$  の面積に対しては  $55^\circ$  と見做し、 $20^\circ\text{C}$  以下の地温の部分は温度の場所に関する傾度が大きくて面積が小で、又温度の垂直傾度が小さいと思われるからこれを無視して、 $A_1$ ,  $A_2$  に対し温度の鉛直傾度  $g$  として夫々  $g_1 = 0.85^\circ\text{C/cm}$ ,  $g_2 = 0.45^\circ\text{C/cm}$  を得た。地獄谷表層の熱伝導度は不明であるが、ここでは概値を求めるのであるから理科年表掲載の土壤の熱伝導度  $k = 3.7 \times 10^{-3}$  を用いた。かくして地獄谷一帯の地下から単位時間に熱伝導により空気中に逃げ去る熱量  $h_5$  は

$$h_5 = k (g_1 A_1 + g_2 A_2) \quad (7)$$

で与えられるから、これを計算して第 5 表に示した。

従つて地獄谷地下から噴出する総熱量  $H$  は当然地下から川へ与えている熱量  $h_4$  と地表面から空気中に放出される熱量  $h_5$  との和であるから

第 5 表 地獄谷の地表から空気中に放出される熱量  $h_5$  と地獄谷の地下から噴出する総熱量  $H$  の概値

	第 I 回 調 査 (昭和26年11月10日)	第 II 回 調 査 (昭和27年2月5日)	第 III 回 調 査 (昭和27年3月19日)
$h_4$ (地獄谷地下から川へ出る熱量)	$(47 \times 10^5)$ cal/sec	$82.1 \times 10^5$ cal/sec	$66.8 \times 10^5$ cal/sec
$h_5$ (地表面から空気中に逃げる熱量)	$26 \times 10^5$	$30 \times 10^5$	$29 \times 10^5$
$H$ (地獄谷地下から出る総熱量)	$(73 \times 10^5)$ cal/sec	$112 \times 10^5$ cal/sec	$95 \times 10^5$ cal/sec
$H'$ (昭和地獄を除いた総熱量)	$73 \times 10^5$	$73 \times 10^5$	$72 \times 10^5$
$H$ の $i$ 日 当 り の 値	$(63 \times 10^{10})$ cal/day	$97 \times 10^{10}$ cal/day	$82 \times 10^{10}$ cal/day
$H$ の 1 日 当 り の 熱 量 を 石 炭 (発 熱 量 $1g: 5,000$ cal) の 量 に 換 算 せ る も の	(125) tons/day	193 tons/day	165 tons/day

$$H = h_4 + h_5 \quad (8)$$

となる。この総熱量  $H$  の1秒当り及び1日当りの値と、解り易いために発熱量 1g 当り 5,000 cal の石炭の量に換算した値をも第5表に示した。

第5表の結果から次のことが判る。即ち、地獄谷の地表面から空気中に放出される熱量は川の中に地下から水蒸気又は温泉として湧出している熱量の  $\frac{1}{3}$  乃至  $\frac{1}{2}$  に当ること、地獄谷地下から出る総熱量から昭和地獄に湧出する熱量を引いた熱量は此度の3回の調査ではほとんど一定で  $0.7 \times 10^7$  cal/sec であつたこと、地獄谷地下から出る総熱量は  $10^7$  cal/sec の程度で発熱量 1g 当り 5,000 cal の普通の石炭の量に換算すると1昼夜に130~200 屯の石炭に相当する大きな熱量であること、前に述べた昭和地獄の活動状況や地温の時間的変化からも判ることであるが第II回調査の前後の活動が最も著しかつたことは総熱量からも判るという様なことである。

前に述べた様にこの活動が活潑になつたのは昭和26年11月初めからであつたが昭和27年1月末が活動の最盛期でその後は多少衰えたが、昭和28年春頃まで凡そ1年半活動が継続した模様である。いま此の活動全体に噴出した熱量の程度を知るために、第5表から1日当りの総熱量を  $0.8 \times 10^{12}$  cal/day ととつてみると1.5年で  $4.4 \times 10^{14}$  cal の熱量、石炭に換算すると凡そ9万噸に相当する熱量である。これを機械的エネルギーに換算すると大約  $2 \times 10^{25}$  erg となり、 $1 \text{ km}^3$  の岩石を100 m 位持上げる仕事に相当する。かように大きな熱エネルギーが貯溜されて一時に発散されるようなことがあれば大変である。この倶多楽火山においても昔この火山が若かつた時代にはかような活動が何回か起つたことは地獄谷や大湯沼の爆裂火口がこれを証明している。しかし、この火山の老衰期の現在では最早かような熱エネルギーは大爆発を惹起すまでに貯溜されることなく今回の活動のように或る程度の期間に発散されているのであらうと思われる。かような問題については別の機会にもう少し具体的に筆者の考えを述べたいと思う。兎に角、地獄谷の活動は明治初年以來その消長を繰返していることが知られており、火山活動としては末期に近いのではあらうが、温泉としては非常に活動的で未だ多少火山活動の余力が残存しているものと思われる。

既に地獄谷の地下から水蒸気又は高温な温泉として湧出した水量  $V_4$  の値は第3表に求められた。この値と地下から噴出した総熱量  $H$  (第5表参照) とを比較して見ればこれらの水量は全部が水蒸気ではあり得ないし、又常圧の下では全部が水の状態でもなく、水蒸気と温泉との共存の状態であることが判る。又これらの水蒸気並に温泉が地下から湧出して地表近くにきた状態を考えればその圧力は1気圧と考えて大差はない。故に水量は  $100^\circ \text{C}$  の水蒸気量  $x$  と  $100^\circ \text{C}$  の温泉量  $y$  との混合であると考えられる。この分量の概値を次に求める。いま概値を求めるのであるから温泉の密度及び比熱は1とし、水の気化熱を 539 cal とすれば、熱量及び水量に関し

$$(539+100)x+100y=H \tag{9}$$

$$x+y=V_4 \tag{10}$$

なる聯立方程式が成立する。故に

$$x=\frac{H-100V_4}{539}, y=\frac{639V_4-H}{539} \tag{11}$$

で水蒸気量  $x$  及び温泉量  $y$  は与えられる。この関係は大地獄、昭和地獄についても地下からの湧出量を  $V_4$  とし、地下から湧出する熱量を  $H$  と考えれば全く同様に地下から湧出する水蒸気量と温泉量を求めることができる。

(11) 式によつて計算されたこれらの  $x, y$  の値を第 6 表に示した。

第 6 表 地獄谷の地下から湧出する高温な温泉が地表近くでもつ水蒸気と温泉との割合

	第 I 回 調 査 (昭和26年11月10日)	第 II 回 調 査 (昭和27年2月5日)	第 III 回 調 査 (昭和27年3月19日)	
地 獄 谷 全 体	$x$	$\left\{ \begin{array}{l} 7.8 \text{ L/sec} \\ (7.8) \end{array} \right. \begin{array}{l} 25.5 \\ (25.5) \end{array} \%$	$\left\{ \begin{array}{l} 10.3 \text{ L/sec} \\ (7.4) \end{array} \right. \begin{array}{l} 18.3 \\ (24.4) \end{array} \%$	$\left\{ \begin{array}{l} 11.1 \text{ L/sec} \\ (9.1) \end{array} \right. \begin{array}{l} 31.3 \\ (40.6) \end{array} \%$
	$y$	$\left\{ \begin{array}{l} 22.8 \\ (22.8) \end{array} \right. \begin{array}{l} 74.5 \\ (74.5) \end{array}$	$\left\{ \begin{array}{l} 46.1 \\ (22.9) \end{array} \right. \begin{array}{l} 81.7 \\ (75.6) \end{array}$	$\left\{ \begin{array}{l} 24.4 \\ (13.3) \end{array} \right. \begin{array}{l} 68.7 \\ (59.4) \end{array}$
大 地 獄	$x$	—	2.3      12.6	2.2      12.9
	$y$	—	15.9      87.4	14.8      87.1
昭 和 地 獄	$x$	—	2.3      8.8	2.0      15.3
	$y$	—	23.8      91.2	11.1      84.7
そ の 他	$x$	—	5.7      47	6.9      100(?)
	$y$	—	6.4      53	(→)1.5(?)      0(?)

但し第 6 表中地獄谷全体の  $x, y$  の欄中に括弧をつけて示した数字は地獄谷全体の量から昭和地獄の量を差引いた値である。

表を見て気付かれることは、地獄谷全体としては水蒸気量は全水量の 20~30% であるが、大地獄、昭和地獄では 10~15% であり、何れにしても水蒸気量が案外に少ないということ、又 3 回の調査の結果を比較すれば水蒸気の絶対量にはあまり変化はないが、温泉量が第 III 回目では激減していることである。又大地獄、昭和地獄を除いた地獄谷の他の部分についてはその水蒸気量は 6~7 L/sec であるが、その割合は 50~100% で水蒸気量の水量全部に対する割合が大きいとともに大地獄、昭和地獄の水蒸気量の和よりも多い。これらの場所は多くは川の面より少々高いところであり、これらの場所の構造は前に述べた様に地下の温泉面の上に空隙の多い部分があつて、更にその上に硬い地表面が存在する。従つて地表部分の地中温度を高めているのはこの部分の地下から出る水蒸気及び温泉の中、水蒸気が主役を演じているものと考えられる。何故ならば斯様な機構が正しいとすれば、この部分の地面から空气中に逸出する熱量  $h_0$  (第 5 表参照) に等しい熱量を帰化熱でだし 100°C の温泉となる水蒸気の量  $x'$  は  $x'=h_0/539$  で

与えられる。かようにして  $x'$  を求めてみると  $x'=4.8\sim 5.6$  L/sec となる。この値は上に述べた大地獄、昭和地獄を除いた地獄谷の他の部分の地下から出る水蒸気量とその概値が一致しているから上の様に考えたのである。この部分に地下から出た温泉とかくして水蒸気から液化した温泉とは合しその大部分は地下の空隙を伝つて流動し川や大地獄や昭和地獄へ流入しているのであらう。

地表近くで上に述べた様な水蒸気と温泉水とを混入している温泉は地下深いところでは如何なる状態にあるであらうか。もし途中で何も混入していないとすれば当然地下深くなつて圧力の増加とともに温度が上昇し水蒸気の分量は段々減小し、或る圧力になれば水蒸気の分量は 0 となつて高温な温泉水のみとなる筈である。今この温度を  $\theta$  とし、そのときの圧力を  $P$  とする。 $\theta$  と地下から湧出する水量  $V_4$  と総熱量  $H$  との間には次の関係がある。

$$V_4 \rho c \theta = H \quad (12)$$

但し  $\rho, c$  は夫々温泉水の密度及び比熱である。近似的には  $\rho c = 1.0$  である。(12) 式は地獄谷全体については勿論、大地獄、昭和地獄の場合にも全く同様に適用できる筈であるから、以下にこれらの  $\theta$  の値と、 $\theta$  を沸騰点とした場合の圧力  $P$  を Kaye 表から推定すれば第 7 表の結果を得る。

第 7 表 地下における温泉水の温度  $\theta$  とその圧力  $P$

	第 I 回 調 査		第 II 回 調 査		第 III 回 調 査	
	$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$P$ (気圧)	$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$P$ (気圧)	$\theta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$P$ (気圧)
地 獄 谷 全 体	(239)	(32)	201	16.0	267	52.0
大 地 獄	—	—	167	7.3	171	8.0
昭 和 地 獄	—	—	148	4.5	182	10.4

第 7 表を見れば地獄谷の熱源及び温泉源は  $200\sim 270^{\circ}\text{C}$ 、流量  $35\sim 55$  L/sec の高温な液状の温泉即ち熱水溶液であらうと思われる。その熱水溶液は地下深所から  $16\sim 50$  気圧の圧力のところまで上昇するとその一部が昇化しはじめて水蒸気との混合状態となり上昇を続ける中、圧力  $10\sim 5$  気圧の比較的浅い所でその液状の温度  $180^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{C}$  の温泉の大部分即ち  $30\sim 45$  L/sec が 2 つの枝となつて 1 は大地獄へ他は昭和地獄へと分岐し、残りの水蒸気を主体とした部分は地獄谷地下基盤の第 II 章に述べた  $S 78^{\circ}W$  から  $N 78^{\circ}E$  の割目に沿つて噴出し地獄谷を埋める堆積物中で拡散し地温の高温帯の部分を熱していると思われる。大地獄、昭和地獄の位置が、地温の高温帯の中心線から離れたところにあることも地下における分岐と関係があるものと思う。

昭和地獄が昭和 27 年 1 月末の噴出の際、小石の飛散の状態から噴出の圧力が  $5\sim 6$  気圧その噴出前の温度は  $150\sim 160^{\circ}\text{C}$  位であつたであらうことは前に述べたが、その値は第 7 表の第 II 回調査(昭和 27 年 2 月 5 日)の場合の値とかなりよく一致している。このような噴出は地下で上記のような圧力、温度の熱水溶液が何らかの原因で大気と通じ急な圧力の低下を来したために

爆發的に燻化して水蒸気を生じたことに因るのではないかと思う。

北海道大学理学部化学教室の室住正世<sup>7)</sup>氏の研究によればこの度の活動においては地獄谷から流出する温泉水中に  $\text{Cl}'$  が激増し  $\text{SO}_4'$  が減小した。この傾向は過去の活動においても見られたとのことである。又  $\text{Cl}'$  は川沿いの大地獄、昭和地獄等の噴出口で特に多いということである。このことを筆者らの測定結果と比較すれば、地下深所から湧出する高温な熱水溶液は  $\text{Cl}'$  に富んだ温泉であり、この液中に  $\text{SO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{S}$  が含まれていたとしても、それらの瓦斯は大地獄昭和地獄への分岐の場合にはこれら両地獄への枝にはほとんど入らず水蒸気の大部分と共に第3の枝の方即ち地獄谷の他の部分へ移動したものである。この残りの水蒸気を主体とし、 $\text{SO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{S}$  等の瓦斯を含む温泉は地下の割目から地獄谷の広い部分に拡がり、地表に達する間に水蒸気の大部分は冷却されて再び液化して温泉となり、残りは噴気孔をつくり又  $\text{SO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{S}$  は化合し或は酸化されて  $\text{S}$  を沈積し、温泉は地表近くの空隙を伝つて流動する間に  $\text{SO}_4''$  又は  $\text{HSO}_4'$  を得て所々に湧出すると共に川へ流入、食塩泉と混合しているのではないかと考えられる。

兎に角、現在の地獄谷の熱源及び温泉源が高温で  $\text{Cl}'$  に富む熱水溶液であり、高温な水蒸気及び  $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  等の瓦斯を主体とするものではないと考えられることは火山活動としては衰退期の現象であるといわなければなるまい。

## V. 総括及び結語

近年静穏状態にあつた登別温泉地獄谷は昭和26年5月頃から活動状態となり凡そ2ヶ年間活動を続け現在は又静穏状態となつたようである。特に昭和27年1月は其の最盛期で昭和地獄の活動が最も著しかつた。筆者らは昭和26年11月、昭和27年2月、3月、3回に亘つて調査を行い、大約次のような結果を得た。

(1) 1 m 深の地温分布測定の結果  $90^\circ\text{C}$  以上の地温の高い区域は地獄谷の中央で幅が平均して120 m 位長さが440 m 位の帯状をなしその長軸方向は  $\text{S}78^\circ\text{W}$  から  $\text{N}78^\circ\text{E}$  に向き、その延長方向は倶多楽火山の旧噴火口に達する。このことから地獄谷の基盤にこの方向の割目があり、地下からこの割目を通じて高温な水蒸気の噴出が行われていると思われること。

(2) 地獄谷内の地温調査、低地を流れる湯の川の各所における流量、水温、蒸発量等の測定から地獄谷の地下から湧出する高温な温泉及び水蒸気の総水量、総熱量、大地獄昭和地獄に湧出する水量、熱量が推定された。総水量は  $35\sim 55\text{ L/sec}$ 、総熱量は  $0.7\times 10^7\sim 1.1\times 10^7\text{ cal/sec}$  であることが判つた。1 昼夜では凡そ水量  $3,000\sim 5,000$  噸、熱量  $60\times 10^{10}\sim 100\times 10^{10}\text{ cal}$ 、石炭に換算すれば  $120\sim 200$  噸の石炭に相当する熱量である。

(3) 結局、地獄谷の熱源及び温泉源は  $200\sim 270^\circ\text{C}$ 、流量  $31\sim 55\text{ L/sec}$  の高温な液状の温泉と推定され、これが地下深所から  $16\sim 50$  気圧の圧力の深さまで上昇すると、その一部が燻

7) 室住正世； 未発表。

化しはじめて水蒸気との混合状態となるが更に上昇を続ける中圧力10~5気圧の比較的浅い所でその液状の温度80°~150°Cの温泉の大部分即ち30~45 L/secが2つの枝となつては1は大地獄へ他は昭和地獄へと分岐し、残りの水蒸気を主体とした部分は上に述べた地獄谷地下の割目を伝つて広く地獄谷の各所に湧出し地中温度を高めているものと思われる。大地獄、昭和地獄へと分岐した温泉も地表近くで圧力の低下により温泉と水蒸気に分れて湧出すると思われる。昭和地獄が1月末の噴出の際に小石の飛散状態からその圧力が5~6気圧、噴出前の温度は150°~160°Cと推定されたが、この値も上述の構造を裏書きしている。

(4) 地獄谷は明治初年以來その活動がかなり著しく消長を繰返していることが知られており、火山の活動に似ているが、その熱源及び温泉源は火山の場合と異つて熱水溶液である。即ち火山活動としては衰退期の現象であるが、温泉としては非常に活動的なもので、登別地獄谷は普通の温泉と活火山との中間の時代にあるものと思われるのである。

終りに臨み、この研究は北海道林務部の依頼によつてなされたものであるが、現地における調査に協力された登別温泉株式会社の管野岩尾氏始め現地の方々、昭和地獄活動時の写真を提供された第一滝本旅館井上晴夫氏に対し、調査に同行され御助力を戴いた北大地質学鉱物学教室の石川俊夫教授、北海道林務部林政課の山口透氏に対し厚く感謝の意を表する。

## 2. Thermal Activity of the Jigokudani Valley in Noboribetsu, Hokkaidô, during the Period from Nov., 1951 to March, 1952.

By Takaharu FUKUTOMI and Tadaharu FUJIKI

(Department of Geophysics, Faculty of Science.)

After several years' interval of comparatively less activity, the Jigokudani Valley in the Noboribetsu hot spring region, Hokkaidô, being an old explosion crater of the Kuttara Volcano, recovered its activity in May 1951, and has continued its activity during about 2 years. Many fumaroles and hot springs newly spouted out in the western part of the valley as shown by the black circles in Fig. 1. The underground temperature at 1 m depth of the "trepan" shaped hill of about 110m x 40m, which forms the western wall of the valley and was formerly covered by trees and grasses, increased to values of more than 90° C. The activity attained its maximum in Jan. 1952. Fig. 2 is a photo. of Shôwa-Jigoku, which was the most active orifice, taken on Jan. 26 th.

In Nov., 1951, Feb. and March, 1952, the writers had opportunities of investigating the

distribution of underground temperature at 1 m depth in the valley, the time variation of the underground temperature at some places, besides measuring temperatures, evaporations and discharges at several parts of the streamlets which flow into and flow out of the Jigokudani Valley, connecting the orifices of hot water and of vapour.

The results of those investigations are briefly summarized as follows:

1) High temperature region of more than  $90^{\circ}\text{C}$  in the geographical distribution of the underground temperature at 1 m depth (Fig. 4) shows a band shape of about 120m breadth and about 440m length, cutting through the central part of the valley. At the elongation of about 2.7 km in the length (N  $78^{\circ}$  E), there exists the old crater of the Kuttará Volcano. The horizontal temperature gradients at the margin of the high temperature region of more than  $90^{\circ}\text{C}$  are very large compared with those at the central part of the region, and also it was noted that temperatures in the high temperature region did not depend upon the topography, especially on the height. These facts may perhaps indicate that a crack exists in the base rock beneath the high temperature region paralleling its long axis, and that vapour of high temperature may be ejected through the crack.

2) Total water contents  $V_4$  as hot water and vapour and total heat quantities  $H$  which were discharged from the deep into the valley were estimated respectively as 35~55 L/sec (3,000~5,000 tons/day),  $0.7 \times 10^7 \sim 1.1 \times 10^7$  cal/sec ( $0.6 \times 10^{12} \sim 1.0 \times 10^{12}$  cal/day; equivalent to the heat quantities of 120~200 tons of coal per day). For the period of activity of about one and half years, the heat quantities may be summed up to about  $4.4 \times 10^{14}$  cal. The water contents and the heat quantities discharged from the Ô-jigoku and the Shôwa-jigoku were also estimated as shown in Table 3 and 4.

3) It seems reasonable to conclude that the origin of the heat and the water in the deep might be liquid water at a temperature of  $200 \sim 270^{\circ}\text{C}$ , of discharge 31~55 L/sec. When this water ascends to the depth of 16~50 Atmospheric Pressures, it begins to boil and becomes mixed with its vapour. \* By further ascending to the comparatively shallow depth of 5~10 Atom. Press., the principal part of the liquid water (30~45 L/sec) of temp.  $150^{\circ} \sim 180^{\circ}\text{C}$  is separated into two branches for Ô-jigoku and Shôwa-jigoku, and the residual vapour containing such gases as  $\text{SO}_2$  and  $\text{H}_2\text{S}$  ascends through the above-mentioned crack to the high temperature region in the valley, giving heat to the superficial ground layer. In the small explosion of Shôwa-jigoku which happened at the end of Jan., 1952, the pressure and the temperature immediately before the explosion were estimated respectively, from the maximum ejection distance of pebbles, as 5~6 Atom. Press. and  $150^{\circ} \sim 160^{\circ}\text{C}$  as mentioned in chapter II. This value coincides with the supposed underground structure mentioned above.

4) It is known that the Jigokudani Valley has repeatedly shown remarkable changes of activity since about 1880. No such changes of activity on a large scale have been observed, so far as the writers are aware, in any other hot spring region in Japan. The phenomena are rather similar to volcanic activity. Taking into consideration these facts and that the source of the heat and the water, as mentioned above, is a body of liquid water of high temperature, the present writers incline to the opinion that the activity of Jigokudani Valley may be in an intermediate stage between that of an active volcano and that of a "normal" hot-spring.